Leitfaden für den Unterricht in der landwirtschaftlichen Chemie

an

mittleren und niederen landwirtschaftlichen Lehranstalten

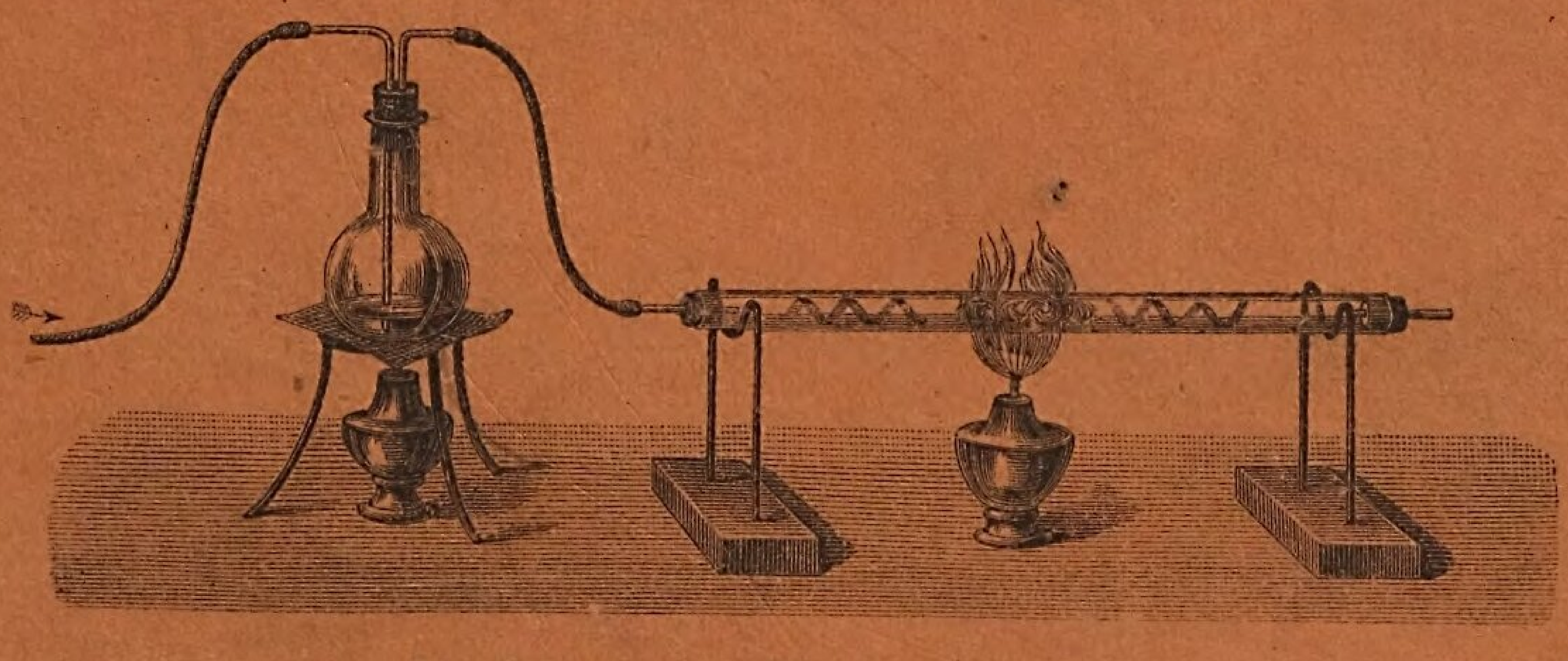
von

Dr. C. Weber,

Lehrer der Naturwissenschaften an der Landw. Lehranstalt zu Hohenwestedt, Holstein.

Vierte, vermehrte Auflage.

Mit 21 in den Text gedruckten Holzschnitten.



Die Oxydation des Alkohols zu Essigsäure.

Stuttgart. 1894.

Verlag von Eugen Ulmer.

Preis kart. Mk. 1.50.

In Partien von 12 Exemplaren an Mk. 1.35.

Leitfaden für den Unterricht

in der

landwirtschaftlichen Chemie

an

mittleren und niederen landwirtschaftlichen Lehranstalten

von

Dr. C. Weber,
Lehrer der Naturwissenschaften an der Landw. Lehranstalt zu Hohenwestedt, Holstein.

Vierte, vermehrte Auflage.

Mit 21 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Stuttgart. 1894.
Verlag von Eugen Ulmer.

K. Hofbuchdruckerei Carl Liebich, Stuttgart.

Vorwort zur ersten Auflage.

Der vorliegende Leitfaden ist für den Unterricht an mittleren und niederen landwirtschaftlichen Lehranstalten bestimmt. Der Unterrichtsstoff ist demgemäß auf die landwirtschaftlich wichtigen chemischen Substanzen und Vorgänge beschränkt, ohne so weit eingeengt zu sein, daß er nicht eine, den besonderen Bedürfnissen jeder einzelnen Schule Rechnung tragende Auswahl gestattete.*)

Eine wesentliche Aufgabe schien es mir zu sein, in der Anordnung und Darstellung den allgemeinen Grundsätzen der Didaktik und Methodik zu folgen. Namentlich legte ich Wert auf die größte Anschaulichkeit. Deshalb ist überall der Versuch in den Vordergrund gestellt und selbst möglichst einfach und durchsichtig gestaltet. Aus dem gleichen Grunde entschloß ich mich auch zur Benutzung der Atomenzeichen und Gleichungen, da bekanntlich nur durch sie eine anschauliche und gleichzeitig kurze Erklärung der chemischen Erscheinungen erreicht werden kann. Nur sie ermöglichen es, dem Schüler den Faden an die Hand zu geben, der ihn sicher durch die verwirrende Mannigfaltigkeit und Menge der chemischen Erscheinungen, sowie durch die schwankende Nomenklatur führt und verhütet, daß er eine mehr oder minder große Zahl unverstandener Thatsachen, ohne wirklichen, inneren Zusammenhang, merken muß. Der geringe Aufwand von Zeit und Mühe, den sie anfangs verursachen, macht sich in der Folge reichlich belohnt. Dem geschickten Lehrer wird es überdies ein Leichtes sein, durch runde Pappscheiben, die mit hakenförmig gebogenen Drähten — den Valenzen entsprechend — aneinander geheftet werden können und mit den Zeichen der Elemente versehen sind, welche sie vorstellen sollen, dem Schüler das Spiel der Atome noch deutlicher vor Augen zu führen.

Die Zahl der Abbildungen ist absichtlich beschränkt. Da nämlich solche offenbar nur dann für den Schüler Wert besitzen, wenn sie sich eng an die während des Unterrichts vorgeführten Apparate anschließen, aber bei der verschiedenen Ausstattung der in Rede stehenden Schulen sich nicht erwarten läßt, daß man sich zur Ausführung desselben Versuches überall der nämlichen Mittel bedienen werde, so hielt ich es für unangebracht, dem Lehrer durch die Figur eine Beschränkung aufzuerlegen.

---

*) Zur Erleichterung dieser Auswahl ist das im allgemeinen Wesentlichere von dem minder Wesentlichen durch den Druck geschieden. Auch können die mit einem * versehenen Paragraphen unbeschadet des Zusammenhangs teilweise oder gänzlich weggelassen werden.

Beiläufig bemerke ich, daß sämtliche Versuche von mir während des Unterrichts und zwar mit sehr einfachen Mitteln, ohne Gas, ausgeführt sind.

Sollten diesem oder jenem der Herren Fachgenossen die kurzen Andeutungen über die Anstellung der Versuche nicht genügen, so verweise ich ihn auf K. Heumann „Anleitung zum Experimentieren" und R. Arendt „Technik der Experimental-Chemie", die mir selbst, namentlich im Anfang meiner Lehrthätigkeit, dankenswerte Dienste geleistet haben. Viele der Versuche sind übrigens alte Schulversuche; in jedem ausführlicheren Lehrbuche der Chemie ist Näheres über sie zu erfahren.

Wie weit es meinen Bemühungen gelungen ist, das mir vorschwebende Ideal eines Leitfadens für den Elementar-Unterricht in der landwirtschaftlichen Chemie zu erreichen, überlasse ich dem nachsichtigen Urteile der Herren Fachgenossen, denen ich für verbessernde Winke sehr dankbar sein würde.

Möge das Büchlein zur Förderung unserer landwirtschaftlichen Jugend beitragen!

Hohenwestedt, im Juli 1888.

Der Verfasser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die zweite Auflage hat eine sorgfältige Durchsicht erfahren, unter deren Einfluß einzelne Paragraphen eine neue für den Unterricht, wie ich erwarte, zweckmäßigere Gestalt erhalten haben, insbesondere sind mehrere, in der ersten Auflage dogmatisch behandelte Vorgänge durch Anknüpfung an zweckentsprechende Versuche einer anschaulichen und induktiven Unterrichtsweise zugängig gemacht worden. Von sonstigen Änderungen seien folgende hervorgehoben.

In der ersten Abteilung sind die Verbindungsgewichte, sowie eine kurze Besprechung der wichtigsten Schwermetalle aufgenommen, beides auf mehrfach mir kundgegebene Wünsche hin. Auch ist der hohen Bedeutung, die gerade bei vielen landwirtschaftlich wichtigen chemischen Vorgängen den Bakterien zukommt, etwas eingehender als in der ersten Auflage gedacht worden. In der zweiten Abteilung hat die organische Chemie eine fast vollständige Umarbeitung erfahren, wobei nicht so sehr eine Erweiterung des Umfangs als eine Vertiefung des Stoffes nach der Seite des Fachunterrichts hin angestrebt wurde, soweit es möglich war, ohne diesem selbst zu nahe zu treten. Auch in der ersten Abteilung sind die Beziehungen zum Fachunterricht stärker hervorgekehrt, zumal in den Wiederholungsfragen, die in beiden Abteilungen beträchtlich vermehrt sind. Durchgängig ist die Namengebung vereinfacht, und Fremdwörter sind, wo es anging, durch

deutsche Ausdrücke ersetzt worden Auf Wunsch ist ein Sachregister beigegeben, dafür hat aber der Anhang gestrichen werden müssen. Die darin enthaltenen Synonymen haben in dem Texte Aufnahme gefunden. Es steht zu hoffen, daß dem Schüler durch diese Änderung die Benutzung des Buches zum Nachschlagen beim Fachunterrichte und nach dem Verlassen der Schule wird erleichtert werden.

Durch ausgedehnte Anwendung des kleinen Satzes sind auch in dieser Auflage alle Teile ausgeschieden, die mir für die niedrigste Stufe der landwirtschaftlichen Fachschule entbehrlich erscheinen.

Es hat sich nicht vermeiden lassen, daß trotz zahlreicher Kürzungen und Streichungen der äußere Umfang des Buches vermehrt ist. Ich gebe der Hoffnung Ausdruck, daß dies seiner Verwendung keinen Eintrag thun wird, und daß die getroffenen Änderungen ihm nicht nur die zahlreichen Freunde, die die erste Auflage gefunden hat, erhalten, sondern ihm auch neue zuführen mögen.

Ich ermangele nicht, es dankbar hervorzuheben, daß der Herr Verleger trotz der Vermehrung der Bogenzahl und der Erneuerung einiger minder gut geratenen Abbildungen der ersten Auflage den Preis des Büchleins nicht erhöht hat.

Schließlich sage ich allen Herren Fachgenossen und Kollegen, die mir entweder durch öffentliche Besprechung oder auf privatem Wege ihre Ratschläge für die zweite Auflage haben zu teil werden lassen, meinen aufrichtigen Dank und bitte auch um fernere Nachsicht, besonders mit Rücksicht darauf, daß ich nicht in der Lage war, allen mir ausgedrückten — zum Teil recht weit auseinander gehenden — Wünschen in vollem Umfange nachzukommen.

Hohenwestedt, im Juni 1890.

Der Verfasser.

Vorwort zur dritten Auflage.

Die günstige Aufnahme, die die zweite Auflage der Chemie gefunden hat, legte es mir nahe, umfassende Änderungen in der dritten zu vermeiden. Ich habe mich daher auf kleinere Verbesserungen beschränkt. So ist der Begriff der chemischen Verwandtschaft schärfer gefaßt, die Assimilation des freien Stickstoff durch die Papilionaceen ist vom Rande in den Text hinaufgerückt, einige Übungsfragen haben eine zweckmäßigere Fassung erhalten und einzelne sind hinzugefügt worden. Neu aufgenommen ist unter den Staßfurter Salzen der Sylvinit, und den Aluminiumverbindungen ist eine dem landwirtschaftlichen Begriffe des Mergels entsprechende Erklärung angehängt worden. Dafür haben an andren Stellen

einige Abstreichungen und Kürzungen stattgefunden, so daß der Umfang des Buches unverändert geblieben ist. Noch mehr als in den früheren Auflagen habe ich mich bemüht, Fremdwörter durch passende deutsche oder den Schülern geläufigere Wörter zu ersetzen, oder sie zu umschreiben. Wo es mir für die Zwecke des Unterrichts ersprießlich schien, habe ich auf meinen inzwischen erschienenen „Leitfaden für den Unterricht in der landwirtschaftlichen Pflanzenkunde“ *) verwiesen.

Ich übergebe das Büchlein zum dritten Male der Öffentlichkeit mit dem Wunsche, daß es ihm auch jetzt wieder vergönnt sein möge, in bescheidener Weise an dem Gedeihen unserer Landwirtschaft mitzuwirken.

Hohenwestedt, im Dezember 1891.

Der Verfasser.

Vorwort zur vierten Auflage.

Die Veränderungen in der vierten Auflage bestehen, abgesehen von geringen Änderungen des Ausdrucks, darin, daß in § 21 die Stickstoffsammler und Stickstoffzehrer durch einige Worte charakterisiert sind, in § 48 die Herstellung des Phosphatmehles aus den Thomasschlacken, in § 58 das Doppelsuperphosphat, in § 61 eine kurze Parallele zwischen der Phosphorsäure des Phosphatmehles und der der Superphosphate aufgenommen ist, und daß die landwirtschaftlichen Nebengewerbe in § 69 ein wenig ausführlicher als in den früheren Auflagen dargestellt sind. Außerdem sind an geeigneten Stellen Hinweisungen auf meinen, inzwischen in demselben Verlage erschienenen Leitfaden für den Unterricht in der Physik **) eingeschaltet.

Hohenwestedt, im November 1893.

Der Verfasser.

*) Leitfaden für den Unterricht in der landwirtschaftlichen Pflanzenkunde an mittleren, bezw. niederen landw. Lehranstalten. Mit 120 Textabbildungen. Stuttgart, Eugen Ulmer. Eleg. kart. Mk. 2.75. In Partien von 12 Expl. an Mk. 2.40.

**) Leitfaden für den Unterricht in der Physik an Ackerbauschulen und landwirtschaftlichen Winterschulen. Stuttgart 1894. Verlag von Eugen Ulmer.

Inhalts-Übersicht.

Erste Abteilung.

Die Elemente und ihre landwirtschaftlich wichtigsten Verbindungen.

Erster Abschnitt.

Die chemischen Grundbegriffe.

Zweiter Abschnitt.

Der Verbrennungsvorgang; die Elemente der Luft und ihre Verbindungen.

Dritter Abschnitt.

Die Elemente des Tier- und Pflanzenkörpers.

Zweite Abteilung.

Die Salze und die organischen Verbindungen.

Erster Abschnitt.

Die landwirtschaftlich wichtigsten chemischen Vorgänge bei der Entstehung und Veränderung der Salze.

Zweiter Abschnitt.

Die organische Chemie.

Erste Abteilung.

Die Elemente und ihre landwirtschaftlich wichtigsten Verbindungen.

Erster Abschnitt.

Die chemischen Grundbegriffe.

§ 1.

Chemischer Vorgang. Aufgabe der Chemie.

1. Wenn man einen auf dem Felde verlorenen eisernen Gegenstand, z. B. ein Messer oder einen Nagel, nach einiger Zeit wiederfindet, so ist er mehr oder weniger verrostet. — Während das Eisen ein graues, glänzendes Metall ist, das gehämmert, geschmiedet und geschweißt werden kann, vom Magneten angezogen wird, ist der Rost ein brauner Stoff, den man nicht mehr als Metall bezeichnet. Er ist spröde, d. h. zerspringt beim Hämmern, man kann ihn weder schmieden noch schweißen; der Magnet zieht ihn nicht mehr an. — Der Stoff Eisen ist demnach durch das Rosten in einen ganz neuen Stoff umgewandelt worden, man sagt: Das Eisen hat eine wesentliche Veränderung erfahren.

Auch bei andren Stoffen beobachtet man wesentliche Veränderungen:

a) Fleisch verfault.
b) Die Leichen der Tiere und Pflanzen verwesen.
c) Holz verbrennt zu Rauch und Asche; es verkohlt; es vermodert.
d) Der Mist verrottet.
e) Kupfer wird zu Grünspan.
f) Schießpulver zu Pulverdampf.
g) Das Malz durch Gärung zu Bier.
h) Kartoffeln zu Branntwein.
i) Der Traubensaft zu Wein.
k) Die Speisen werden verdaut und dadurch in Blut, Fleisch, Knochen u. s. w. umgewandelt.
l) Die Bodenstoffe werden bei dem Wachstum der Saaten von den Pflanzen aufgesogen und in die verschiedenen Pflanzenstoffe verwandelt u. s. w.

2. Die Chemie ist die Wissenschaft, die sich mit den wesentlichen Veränderungen der Stoffe beschäftigt. Einen Vorgang, durch den ein Stoff wesentlich verändert wird, nennt man einen chemischen Vorgang (Prozeß). Die neuen Stoffe, die durch einen derartigen Vorgang entstehen, heißen die Erzeugnisse (Produkte) desselben.

Nenne die Erzeugnisse der aufgezählten chemischen Vorgänge.

3. Die Aufgabe der Chemie ist, die chemischen Vorgänge zu erklären, die Gesetze, nach denen sie verlaufen, aufzusuchen und anzuwenden.

Wir erlangen durch die Kenntnis der Chemie die Fähigkeit, die chemischen Vorgänge zu beherrschen, d. h. sie willkürlich hervorzurufen und zu leiten, oder wenn es uns angezeigt erscheint, sie zu unterdrücken. Außerdem aber macht uns die Chemie mit einer Reihe nützlicher Stoffe bekannt, lehrt uns deren Erzeugung, Eigenschaften und Anwendung.

Die chemischen Gesetze erfährt man am raschesten, wenn man planmäßig chemische Vorgänge einleitet und genau darauf achtet, wie die Veränderungen vor sich gehen und welche Erzeugnisse man erhält. — Eine solche planmäßig hervorgerufene Veränderung nennt man einen Versuch.

Auch zur Erkenntnis der chemischen Eigenschaften eines Stoffes unterwirft man ihn einer Reihe von planmäßigen Veränderungen, d. h. man stellt mit ihm Versuche an.

§ 2.

Verbindungs- und Trennungsvorgang.

1. **Versuch.** Schwefelpulver (32 Gewichtsteile) und Eisenpulver (56 Gewichtsteile) werden sorgfältig gemischt. Aus dem Gemisch läßt sich mit einem Magneten oder durch Schlemmen das Eisen wieder absondern. Erhitzt man das Gemisch in einem Probierglase, so findet ein lebhaftes Aufglühen der Masse statt. Nach dem Erkalten hat man einen grauen, glänzenden, harten Körper vor sich, aus dem sich nach dem Zerpulvern kein Eisen mehr absondern läßt. — Der neu entstandene Körper heißt **Schwefeleisen.** Man sagt: Schwefel und Eisen haben sich miteinander zu Schwefeleisen verbunden. Dieser Vorgang ist ein Verbindungsvorgang. Sein Erzeugnis ist das Schwefeleisen. Man sagt auch: Das Schwefeleisen ist eine chemische Verbindung, entstanden aus Schwefel und Eisen.

Ist der Versuch mit der nötigen Vorsicht angestellt, so erhält man 32 + 56 = 88 Gewt. Schwefeleisen.

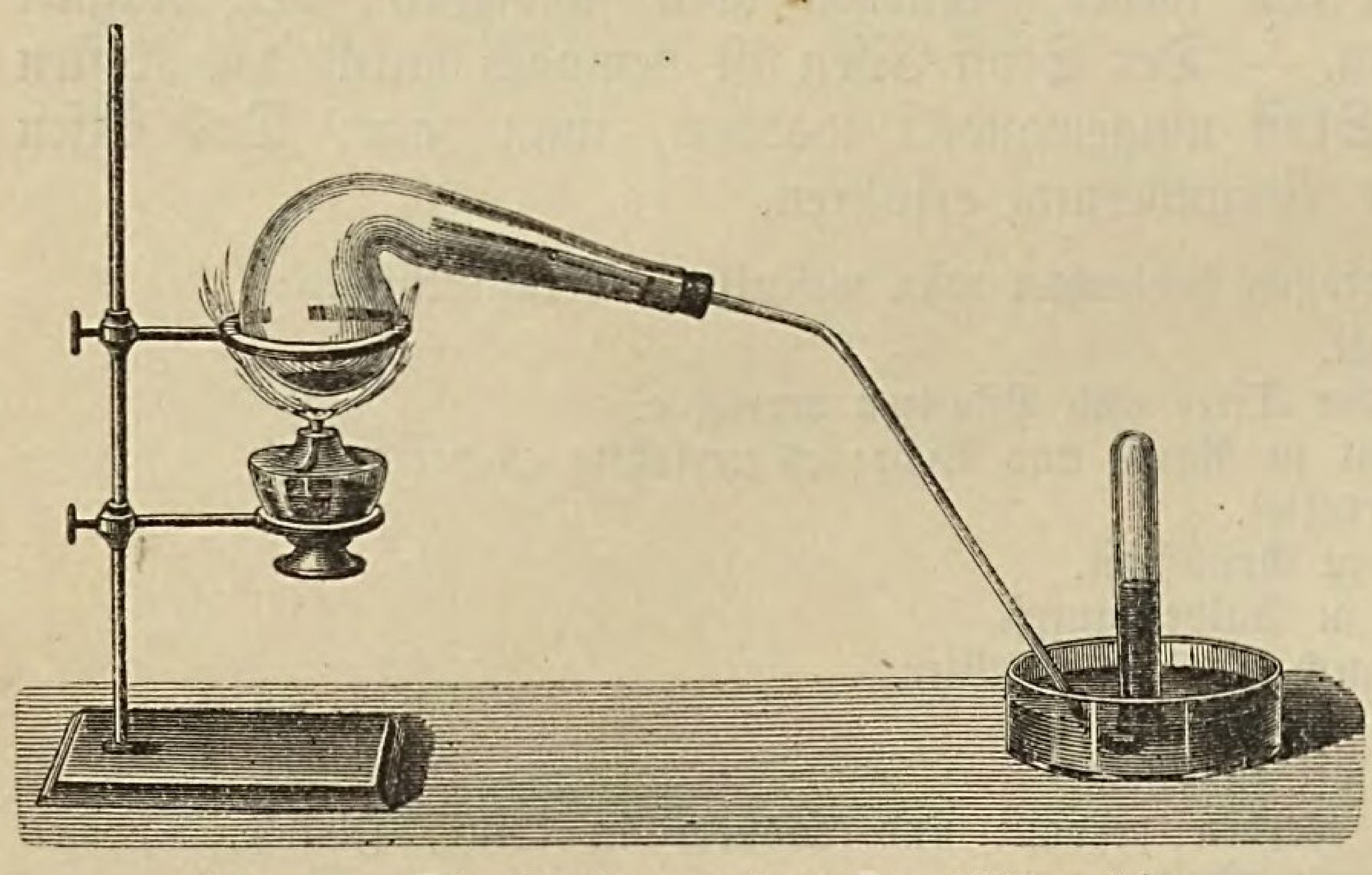


Fig. 1. Die Zerlegung der Quecksilberasche.

2. **Versuch.** Eine Messerspitze voll der roten (sehr giftigen) **Quecksilberasche** wird in einem kleinen Glühröhrchen erhitzt. Sie verschwindet schließlich gänzlich; dafür setzt sich an den kälteren Teilen des Röhrchens eine metallisch glänzende Flüssigkeit, das **Quecksilber** ab. Hat man 216 g Quecksilberasche erhitzt, so erhält man daraus genau 200 g Quecksilber. Wo mögen die fehlenden 16 g geblieben sein? Darüber giebt folgender Versuch Aufschluß.

3. **Versuch.** Etwas mehr Quecksilberasche werde in einer Retorte erhitzt, die mit einer Vorrichtung zum Auffangen von Gas versehen ist. (Fig. 1.) Man erhält eine farblose Luftart, die **Sauerstoff** heißt, während im Halse der Retorte sich Quecksilber ansammelt. — Man sagt: Die Quecksilberasche ist in Quecksilber und Sauerstoff zerlegt worden. Der Vorgang, durch den dies erfolgt, ist ein Zerlegungs- oder Trennungsvorgang (Analyse). Quecksilber und Sauerstoff sind die Erzeugnisse der Zerlegung der Quecksilberasche.

Ein in das Sauerstoffgas eingetauchter glimmender Span flammt sofort auf und brennt lebhaft weiter. Beim wiederholten Eintauchen und Herausziehen des Spans kann man bemerken, daß der Sauerstoff immer mehr verschwindet. Das Gas hat anfänglich einen schwachen Geruch, der sich aber nach einiger Zeit verliert.

Wie erklärt es sich nun, daß 216 g Quecksilberasche 200 g Quecksilber liefern und 16 g verlieren?

§ 3.

Element. Verbindung. Molekül. Atom.

1. Die Verbindungs- und Trennungsvorgänge benutzen die Chemiker, um neue Stoffe zu erzeugen. Gewisse Stoffe aber trotzen allen Bemühungen, sie weiter zu zerlegen.

Stoffe, die sich chemisch nicht weiter zerlegen lassen, nennt man Urstoffe oder **Elemente.** Solche sind z. B. Eisen, Schwefel, Quecksilber, Sauerstoff, sowie die meisten im gewöhnlichen Leben gebrauchten Metalle. Man kennt etwa 70 Elemente (vergl. § 42).

2. Den Gegensatz zu den Elementen bilden die Verbindungen oder zusammengesetzten Stoffe. Unter **Verbindungen** versteht man solche Stoffe, die in zwei oder mehr Elemente zerlegt werden können. Die Stoffe des menschlichen, tierischen und pflanzlichen Körpers, überhaupt die meisten uns umgebenden Stoffe, sind Verbindungen. Unter den Bestandteilen einer Verbindung versteht man die Elemente, aus denen sie besteht. Indem man diese aufzählt, giebt man die (elementare) Zusammensetzung der Verbindung an.

Haben wir schon Verbindungen kennen gelernt? Wie heißen sie? Aus welchen Elementen bestehen sie? — In welche Abteilungen teilt man die chemischen Stoffe?

3. Alle Stoffe bestehen aus kleinsten Teilen oder **Molekülen** *). — Zusammenhangsformen (Aggregatzustände) der Körper bedingt durch die Zusammenhangskraft (Kohäsion) ihrer Moleküle. Vergl. Physik § 2.

Ein Molekül Quecksilberasche läßt sich chemisch in ein kleinstes Teilchen Quecksilber und ein kleinstes Teilchen Sauerstoff zerlegen. — Die kleinsten Teile der Elemente, auf die man somit trifft, nennt man ihre **Atome** **) und betrachtet sie als nicht weiter teilbar.

4. Jedem Atome kommt ein eigentümliches Gewicht zu, das

*) molecula lat. das Massenteilchen.
**) to átomon griech. das Unteilbare.

Atomgewicht.*) Ein Schwefelatom hat das Gewicht 32, ein Eisenatom das Gewicht 56. Daraus erklärt es sich, warum wir bei unserem ersten Versuche entsprechende Gewichtsmengen beider Stoffe anwenden mußten und nach der Vereinigung 32 + 56 = 88 Gewt. Schwefeleisen erhielten. Die Zahl 88 giebt das eigentümliche Gewicht eines Moleküls Schwefeleisen an; daher heißt sie das Molekulargewicht dieser Verbindung.

Die Erscheinung, daß die Atome bestimmte Gewichte besitzen, erklärt es, warum man zur Herstellung einer und derselben Verbindung stets dieselben, ganz bestimmten Gewichtsmengen der zu vereinigenden Elemente anwenden muß.

Warum zerlegen sich 216 Gewt. Quecksilberasche stets in 200 Gewt. Quecksilber und 16 Gewt. Sauerstoff?

§ 4.

Die chemischen Zeichen.

1. Die Atome bezeichnet man mit dem Anfangsbuchstaben der lateinischen Namen*) der Elemente. Fangen zwei Namen mit gleichen Buchstaben an, so fügt man zu dem Anfangsbuchstaben bei einem der Elemente noch einen zweiten Buchstaben hinzu.

1 Atom Eisen (Ferrum)	wird	bezeichnet	mit	Fe,
1 „ Schwefel (Sulfur)	„	„	„	S,
1 „ Quecksilber (Hydrargyrum)	„	„	„	Hg,
1 „ Sauerstoff (Oxygenium)	„	„	„	O.

2. Werden nun zwei Stoffe, wie Schwefel und Eisen in § 2, miteinander vermischt, so sind die Eisenatome und die Schwefelatome zunächst, trotz sorgfältigster Mischung, von einander weit getrennt; nach der Vereinigung aber liegen sie ganz dicht aneinander. Der Verbindungsvorgang besteht also darin, daß die vorher weit voneinander getrennten Atome ganz nahe aneinander rücken. Man deutet die Trennung der Atome durch ein dazwischen stehendes + an, ihre Vereinigung aber dadurch, daß man sie dicht zusammenschreibt. Demgemäß drückt man den genannten chemischen Vorgang in der Schrift in folgender Weise aus:

$$Fe + S = FeS,$$

und nennt eine derartige Zeichenzusammenstellung eine chemische Gleichung.

3. In dieser Gleichung bedeutet FeS das Erzeugnis des chemischen Vorgangs, nämlich das aus der Vereinigung von Schwefel und Eisen entstandene Molekül des Schwefeleisens. — FeS heißt also: ein Molekül Schwefeleisen.

Man bedient sich der chemischen Gleichungen, um durch sie einen chemischen Vorgang kurz und übersichtlich aufzuschreiben und zu erklären.

Die Gleichung $Fe + S = FeS$ bedeutet: 1 Atom Eisen und 1 Atom Schwefel haben sich zu einem Moleküle Schwefeleisen verbunden.

Die Gleichung $HgO = Hg + O$ bedeutet: ein Molekül Quecksilberasche ist zerlegt in 1 Atom Quecksilber und 1 Atom Sauerstoff.

*) Siehe Anhang.

FeS bezeichnet man auch als das Zeichen (die Formel) des Schwefeleisens.

Die chemischen Gleichungen dienen aber auch dazu, die Mengenverhältnisse der aufeinander wirkenden Stoffe und der erhaltenen Erzeugnisse mit Hilfe der Atomgewichte zu berechnen, woraus sich ihre weitere Bedeutung ergiebt.

Wie heißen a) die Elemente, b) die Verbindungen, die wir kennen gelernt haben? — Welches sind die Atomzeichen der kennengelernten Elemente? — Welches sind die Molekülzeichen der kennengelernten Verbindungen?

§ 5.

Die Zusammensetzung des Wassers.

1. **Versuch.** Durch den Boden eines gläsernen Gefäßes (Fig. 2) sind wasserdicht zwei Platindrähte geführt, an deren Enden im Innern des Gefäßes Platinbleche befestigt sind. Das Gefäß wird mit Wasser gefüllt und zwei gleich große, gleichfalls mit Wasser gefüllte Probiergläschen (Reagenzgläschen) werden über die Platinbleche gestülpt. Nachdem die Platindrähte mit der, einen elektrischen Strom erzeugenden Vorrichtung verbunden sind, scheiden sich an den Blechstücken Gasbläschen aus, die sich in den oberen Teilen der Probiergläser ansammeln. Nach einiger Zeit bemerkt man, daß in dem einen der beiden Probiergläser doppelt so viel Gas angesammelt ist als in dem andren.

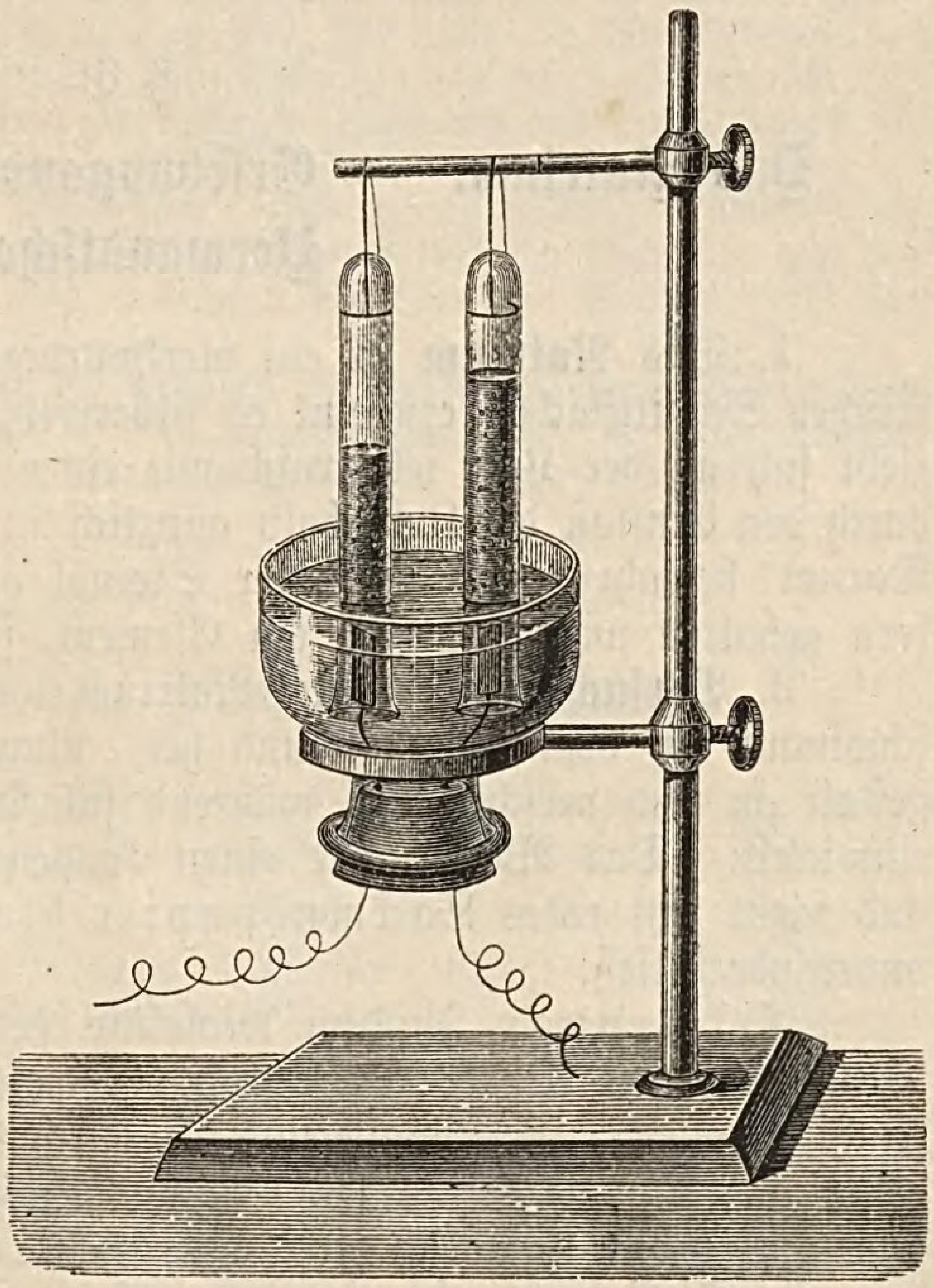


Fig. 2. Die Zerlegung des Wassers durch den elektrischen Strom.

2. Die Prüfung der kleineren Gasmenge ergiebt, daß sie Sauerstoff ist. Die doppelt so große Menge des zweiten Gases zeigt dagegen andre Eigenschaften. Nämlich sie entzündet sich mit einem leichten Knalle, brennt mit schwacher, bläulicher Flamme, während der zur Entzündung gebrauchte brennende Span darin erlischt. Dieses Gas heißt Wasserstoff. Es ist ein Element. Sein Atom wird mit H bezeichnet.

In welche Gruppe der chemischen Körper gehört das Wasser? — Welches sind seine Bestandteile? — Was für einen Vorgang haben wir hier vor uns? — Beim Aufsammeln von 10 ccm Wasser wird man wie viele ccm Sauerstoff erhalten? — Auf 1 ccm Sauerstoff kommen im Wasser wie viel ccm Wasserstoff?

Man nimmt an, daß gleiche Raumteile der Gase gleich viele Atome enthalten.

Nehmen wir also an, es gäbe in 1 ccm Sauerstoff 1000 O-Atome, so sind in 1 ccm Wasserstoff ebenfalls 1000 H-Atome enthalten.

Haben wir nun bei der Zerlegung des Wassers 1 ccm Sauerstoff und 2 ccm Wasserstoff erhalten, so haben wir mithin 1000 O-Atome und 2000 H-Atome vor uns, d. h. auf je 1 O-Atom kommen 2 H-Atome.

Diese können nur durch die Zerlegung eines Wassermoleküls gebildet sein. Daher muß dieses aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atome Sauerstoff bestehen.

3. Die Zahl, durch die man angeben will, daß in einem Moleküle ein Atom öfter als einmal vorhanden ist, stellt man nicht vor, sondern hinter das Zeichen des Atoms.

Das Molekül des Wassers, das aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atome Sauerstoff besteht, schreibt man daher H_2O.

Die Zersetzungsgleichung des Wassers lautet:

$$H_2O = 2H + O.$$

Was bedeutet sie?

§ 6.

Das Natrium. — Ersetzungsvorgang. — Chemische Verwandtschaft.

1. Das **Natrium** ist ein merkwürdiges, sehr weiches Metall. Auf frischen Schnittflächen erscheint es silberweiß und glänzend. Aber es überzieht sich an der Luft sehr rasch mit einer weißen Schicht und würde sich durch den Einfluß der Luft bald gänzlich in eine weiße Masse verwandeln. Darum bewahrt man es unter Steinöl auf, wodurch die Luft von ihm fern gehalten wird. Es ist ein Element, sein Atom hat das Zeichen Na.

2. **Versuch.** Ein Stück Natrium werde auf Wasser geworfen. Es schwimmt auf demselben hin und her, nimmt, indem es schmilzt, Kugelgestalt an und verschwindet, während sich Wasserstoff (woran zu erkennen?) entwickelt. Das Wasser hat einen laugenartigen Geschmack angenommen und färbt jetzt rotes Lackmuspapier blau, während es dieses vorher unverändert ließ.

Erklärung: In dem Moleküle des Wassers, H_2O, sind an die Stelle der zwei Atome Wasserstoff bei diesem Vorgange zwei Atome Natrium getreten. Der Wasserstoff ist durch Natrium ersetzt und infolgedessen aus dem Moleküle H_2O hinausgedrängt worden. Man sagt, er ist frei geworden (nämlich frei von dem Sauerstoffe). Ein Vorgang, bei dem ein Stoff durch einen andren ersetzt wird, heißt ein Ersetzungsvorgang.

Die Gleichung, die uns die Ersetzung des Wasserstoffes im Wassermoleküle durch Natrium vorführt, lautet:

$$\boxed{H_2}O + \boxed{Na_2} = \boxed{Na_2}O + \boxed{H_2}\,*).$$

---

*) Man denke sich auf der linken Seite vom Gleichheitszeichen die umzogenen Buchstaben aus dem Papiere herausgeschnitten und vertauscht; dann erhält man die Anordnung der Atome, wie sie rechts vom Gleichheitszeichen stattfindet.

Sie bedeutet: In einem Moleküle Wasser sind zwei Atome Natrium ersetzt worden; dadurch ist die Verbindung Na_2O (deren Namen wir später kennen lernen werden) und freier Wasserstoff entstanden.

Die Verbindung Na_2O löst sich in dem Wasser bei dem Versuche auf und verursacht, daß dieses laugenhaft schmeckt und rotes Lackmuspapier bläut. Die Lösung heißt Natriumlauge.

3. Die Vereinigung des Natriums mit Sauerstoffe, wie sie in dem Versuche stattfand, erklärt man dadurch, daß das Natrium vom Sauerstoffe stärker angezogen wird, als der Wasserstoff.

Die Kraft, durch die die Stoffe getrieben werden, sich miteinander zu verbinden, nennt man die chemische Verwandtschaft. Daher sagt man auch, daß das Natrium größere chemische Verwandtschaft zu dem Sauerstoffe habe als der Wasserstoff.

Die chemische Verwandtschaft ist auch die Kraft, durch die die Atome innerhalb des Moleküles aneinander festgehalten werden. So hält im Schwefeleisen das Eisenatom durch chemische Verwandtschaft das Schwefelatom fest. — Vergleiche die chemische Verwandtschaft mit der Zusammenhangskraft (Kohäsion) und der Anhangskraft (Adhäsion). Physik § 2 und § 4.

Zähle die Elemente auf, die wir bisher kennen gelernt haben. — Was ist dir an dem Natriummetalle besonders aufgefallen? — Woraus läßt sich schließen, daß das Natriummetall in der freien Natur nicht vorhanden sein kann? — Warum ersetzt das Natrium den Wasserstoff im Wasser?

Bei welchem Versuche sahen wir die chemische Verwandtschaft durch Wärme? bei welchem durch Elektricität aufgehoben? — Bei welchem sahen wir sie durch Wärme gesteigert? — Wie viel Arten chemischer Vorgänge haben wir kennen gelernt?

§ 7.

Die Salzsäure und das Zink. — Wertigkeit.

1. Die **Salzsäure** (Chlorwasserstoffsäure) ist eine Verbindung, deren Molekül aus einem Atom Wasserstoff und einem Atom des Elements Chlor (Cl) besteht, daher mit HCl bezeichnet wird. Sie ist eigentlich ein Gas, das sich aber in großer Menge in Wasser auflöst. Diese wässerige Lösung nennt man ebenfalls Salzsäure. Sie ist im reinen Zustande eine wasserklare, etwas rauchende, unangenehm riechende Flüssigkeit, die selbst in starker Verdünnung mit Wasser noch sehr sauer schmeckt, in unverdünntem Zustande aber nicht auf die Zunge gebracht werden darf. Das blaue Lackmuspapier rötet sie stark, auf Tuch bringt sie rote Flecke hervor. Die Salzsäure wird aus Kochsalz bereitet. Sie findet in vielen Gewerben ausgedehnte Anwendung; der Klempner braucht sie beim Löten. Auch in der Heilkunde benutzt man sie. Vorkommen im Magensaft.

2. Das **Zink** ist ein ziemlich hartes, bläulich-weißes, stark glänzendes, krystallinisches, bei gewöhnlicher Temperatur sprödes Metall. (Es schmilzt bei 412° C.) Man gewinnt es aus den Zinkerzen z. B. in Schlesien. Man verwendet es als Zinkblech zum Dachdecken, zu Eimern, zu Dachrinnen. Um Ketten, Draht und Blech aus Eisen vor dem Rosten zu schützen, werden sie häufig verzinkt, d. h. mit einem dünnen Zinküberzuge

versehen. Auch stellt man vielfach Gegenstände aus Zink durch Gießen her. — Das Zink ist ein Element und hat das Zeichen Zn.

3. **Versuch.** Wirft man ein Stück Zink in ein Probierglas, das etwas Salzsäure enthält, so entweicht unter Aufbrausen Wasserstoff, während das Zink verschwindet; man sagt: es hat sich in der Salzsäure aufgelöst. Dabei macht sich eine starke Erhitzung des Glases bemerkbar. — Dampft man die Flüssigkeit in einer Porzellanschale ab, so erhält man nicht wieder Zink, sondern einen weißen Stoff von zusammenziehendem Geschmacke (giftig!), der aus der Luft rasch Feuchtigkeit anzieht und zerfließt. Er heißt Chlorzink. Sein Molekül ist $ZnCl_2$.

Welche Stoffe haben wir hier zusammengebracht? — Welche Erzeugnisse haben wir erhalten? — Bei chemischen Vorgängen entsteht Wärme. Worin bekundete sich dies bei der Herstellung des Schwefeleisens?

Erklärung: Wir haben es hier gleichfalls mit einem Ersetzungsvorgange zu thun. Nämlich das Zink tritt an die Stelle des Wasserstoffs der Salzsäure, da seine Verwandtschaft zum Chlor größer ist, als die des Wasserstoffs. Aber während bei der Einwirkung des Natriums auf Wasser je 1 Atom Natrium an die Stelle von **einem** Atom Wasserstoff trat, tritt hier 1 Atom Zink an die Stelle von **zwei** Atomen Wasserstoff, zu deren Beschaffung zwei Moleküle Salzsäure (2HCl oder H_2Cl_2) erforderlich sind. Die Gleichung lautet demnach:

$$\boxed{H_2}\,Cl_2 + \boxed{Zn} = \boxed{Zn}\,Cl_2 + \boxed{H_2}.$$

Was bedeutet diese Gleichung?

4. **Wertigkeit.** — Das Zink verhält sich demnach bei der Ersetzung anders gegen den Wasserstoff als das Natrium. — Man erklärt dies aus der verschiedenen Wertigkeit des Natrium- und des Zinkatomes.

Ein Atom ist ein-, zwei- oder dreiwertig, wenn es imstande ist, 1, 2 oder 3 Atome Wasserstoff zu ersetzen oder sich mit ihnen zu verbinden. — Vergleich mit Ein-, Zwei- und Dreimarkstücken, oder mit Ein- und Zweikreuzerstücken.

Es giebt außer ein-, zwei- und dreiwertigen Elementen noch vier-, fünf- und sechswertige.

Einige Elemente zeichnen sich dadurch aus, daß ihre Atome unter Umständen eine andre als die gewöhnliche Wertigkeit annehmen können.

Wie vielwertig ist das Natriumatom? — Wie vielwertig das Zinkatom? — Wie vielwertig das Atom des Chlors? — Wie vielwertig das des Sauerstoffs?

§ 8.*)

Der Wasserstoff. (H.)

1. Der Versuch in dem vorigen Paragraphen kann uns dazu dienen, den Wasserstoff in größerer Menge bequem herzustellen, um ihn genauer zu

---

*) Siehe Anmerkung zum Vorwort.

untersuchen. Man bedient sich dazu einer sogenannten Gasentbindungsflasche*) (Fig. 3).

2. **Versuche** mit dem Wasserstoffe.

a) Einführung einer Kerze, die an einem gebogenen Drahte befestigt ist, in den mit der Mündung nach unten gehaltenen Cylinder, der mit Wasserstoff gefüllt ist. — Das Gas brennt mit blauer Flamme. Die Kerze erlischt und kann an dem brennenden Wasserstoffe nach Belieben wieder angezündet werden.

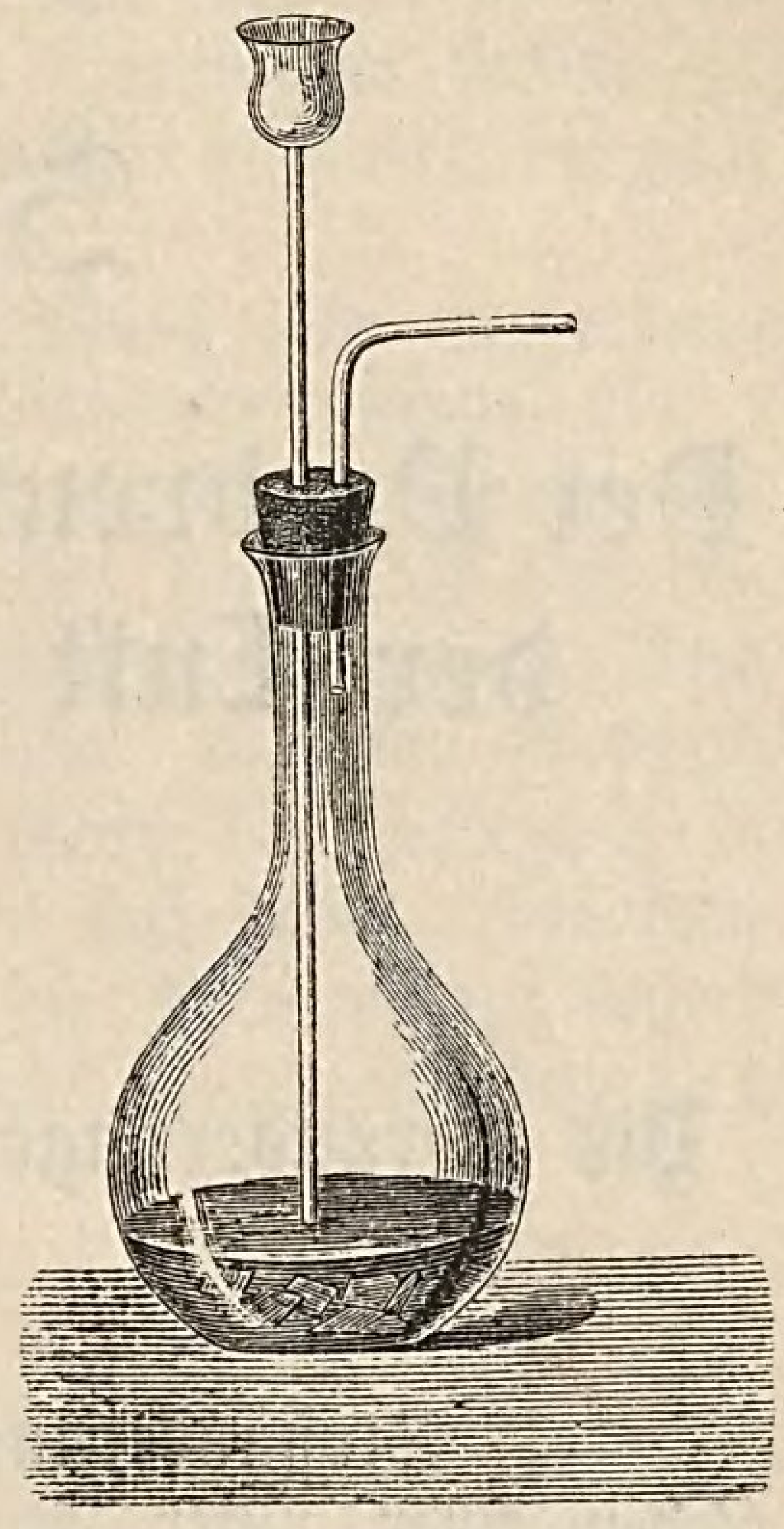


Fig. 3. Gasentbindungsflasche.

b) Ein Cylinder wird einige Minuten lang mit der Mündung nach oben gehalten. Das Gas ist daraus verschwunden. (Wie läßt sich das nachweisen?) — Der Wasserstoff ist leichter als die atmosphärische Luft und zwar etwa 14mal. — Anwendung zum Füllen von Luftballons.

c) Ein kleiner, starkwandiger, zu drei Vierteln mit Luft, zu einem Viertel mit Wasserstoff gefüllter Cylinder, mit einem Tuche umwickelt, mit der Öffnung nach unten gehalten und einer Flamme genähert: ein heftiges Aufknallen erfolgt. Knallgas.

d) Umgießen des Wasserstoffgases aus einem in den andren Cylinder. In welcher Richtung fließt dabei das Gas?

Stelle die Eigenschaften des Wasserstoffes zusammen.

3. Der Wasserstoff hat als Bestandteil des Wassers eine außerordentliche Verbreitung. Auch in den chemischen Verbindungen, aus denen der Körper der Tiere und Pflanzen besteht, ist er enthalten, sowie in sehr vielen Verbindungen der unbelebten Welt. Im freien Zustande, d. h. nicht mit andren Elementen verbunden, ist er dagegen äußerst selten anzutreffen. Er ist kein Gift. Man wendet ihn zur Füllung kleiner Luftballons, sowie bei gewissen chemischen Vorgängen im Laboratorium an.

Auf wievielerlei Weise läßt sich Wasserstoff herstellen? — Woran erkennt man ihn? — Warum muß man erst einige Zeit verstreichen lassen, bevor man das aus der Entwicklungsflasche ausströmende Gas auffängt und anzündet? — Warum darf in den Auffangegläsern keine Luft vorhanden sein? — Inwiefern ist der Wasserstoff für den Körper der Tiere und Pflanzen wichtig? — In welcher Verbindung hat er die weiteste Verbreitung? — Wozu benutzt man ihn?

Zähle die Namen und Zeichen der bisher kennen gelernten Elemente auf. — Desgleichen die Namen und Zeichen der Verbindungen. — Gieb an, wieviel und welche chemischen Vorgänge wir kennen gelernt haben.

*) Wenn es nicht vorgezogen wird, eine hinreichende Menge Wasserstoff vor der Stunde herzustellen und in einem Gasometer aufzubewahren. In beiden Fällen sind die bekannten Vorsichtsmaßregeln nicht außer acht zu lassen!

Zweiter Abschnitt.

Der Verbrennungsvorgang, die Elemente der Luft und ihre Verbindungen.

§ 9.

Die Veränderungen verbrennender Körper. — Ursache der Verbrennung.

1. **Stoffänderungen.** — Verbrennung nennt man im gewöhnlichen Leben einen unter Feuererscheinung verlaufenden chemischen Vorgang. — Stoffe, die verbrennen können, heißen verbrennlich. — Holz, Torf, Kohlen und andre Stoffe hinterlassen bei ihrer Verbrennung einen festen Rückstand, den man als Asche bezeichnet. An dem Geruche und dem Rauche merkt man aber, daß durch die Verbrennung der genannten Stoffe außer Asche noch gasförmige Erzeugnisse (Verbrennungsgase) entstehen. — Auch Metalle verbrennen, wie man sich überzeugen kann, wenn man dünne Streifen Flittergold oder Goldschaum (beides Messing) in eine Flamme hält. Der Hammerschlag ist verbranntes Eisen. Anlassen des Stahls (einer blanken Stricknadel) an einer Flamme. Auch schmelzendes Blei verwandelt sich, wenn nicht beim Schmelzen besondere Vorkehrungen getroffen werden, erst an der Oberfläche und endlich gänzlich in ein gelbrotes Pulver. Die verbrannten Metalle bezeichnet man als Metallaschen. — Eine Kerze und viele andre Körper verbrennen ohne Hinterlassung eines festen Rückstandes. Sie liefern nur gasförmige Verbrennungserzeugnisse.

Stülpt man über eine brennende Kerze eine trockene, kalte, etwa $^1/_2$ m lange Glasröhre, so beschlägt sich ihr oberer Teil mit Wassertröpfchen. Durch die Verbrennung einer Kerze entsteht nämlich unter andrem auch Wasserdampf.

Nicht alle Metalle können verbrannt werden, z. B. nicht Gold, Silber, Platin. Diese nennt man daher edle Metalle. Die andren heißen unedle. Das Quecksilber verbrennt nur sehr schwierig und heißt deshalb halbedel. Sein Verbrennungserzeugnis ist die uns bekannte Quecksilberasche.

Woher kommt es, daß ein Lampencylinder anläuft, sobald er auf eine brennende Lampe gesetzt wird?

2. **Gewichtsänderungen.** — **Versuch:** An einer in das Gleichgewicht gebrachten Wage hängt ein kleiner Hufeisenmagnet, der etwas Eisenpulver

trägt. Nachdem das Pulver entzündet ist, bemerkt man ein Sinken des Armes der Wage, an dem die Verbrennung stattfindet. — Das Eisen wird durch die Verbrennung schwerer. Wie das Eisen verhalten sich alle übrigen Stoffe bei der Verbrennung. — Bei dem Verbrennen kommt zu dem brennenden Körper etwas hinzu. — Die Verbrennung ist ein Verbindungsvorgang.

Wenn man alle Verbrennungserzeugnisse des Holzes, Torfes, eines Lichtes sorgfältig auffängt und wiegt, so stellt sich jedesmal eine Gewichtszunahme heraus.

3. **Ursache der Verbrennung.** — Was für ein Stoff ist es, der sich mit dem verbrennenden Körper verbindet? Diese Frage läßt sich dadurch entscheiden, daß man das Verbrennungserzeugnis wieder zerlegt. Das gelingt in der That leicht bei der Quecksilberasche, die man ja durch Verbrennen von Quecksilber erhält. Wir selbst haben die Zerlegung in einem früheren Versuche (§ 2, 2 und 3) ausgeführt und dabei neben dem Quecksilber Sauerstoff erhalten. Daher lautet die Antwort auf unsere Frage: Bei der Verbrennung erfolgt eine Verbindung des brennenden Stoffes mit Sauerstoff.

Auch aus andren Verbrennungserzeugnissen gelingt es, den Sauerstoff wieder abzutrennen, aber meist auf umständlichere Weise als aus der Quecksilberasche.

Was nennt man im gewöhnlichen Leben eine Verbrennung? — Nenne verbrennliche Stoffe. — Nenne unverbrennliche Metalle. — Zu welcher Art der chemischen Vorgänge gehört die Verbrennung? — Welcher Versuch gab uns darüber Aufschluß? — Womit verbinden sich die Stoffe, wenn sie verbrennen?

§ 10.

Herkunft des Sauerstoffs bei der Verbrennung.

1. Woher stammt der Sauerstoff, mit dem verbrennende Körper sich verbinden? Es giebt nur zwei Möglichkeiten: entweder aus der Flamme oder aus der Luft. Daß er nicht aus der Flamme kommt, lehrt folgender Versuch.

2. **Versuch.** In einer gläsernen Kugelröhre befindet sich etwas Goldschaum. Die Röhre wird an der Stelle, wo das Metall liegt, erhitzt, während ein Strom getrockneter Luft langsam hindurchstreicht. Obwohl der Goldschaum durch die Glaswand der Röhre von der Flamme getrennt ist, verbrennt er dennoch. Demnach kann der Sauerstoff nur aus der Luft herrühren. Die Flamme liefert nur die zur Verbrennung erforderliche Hitze.

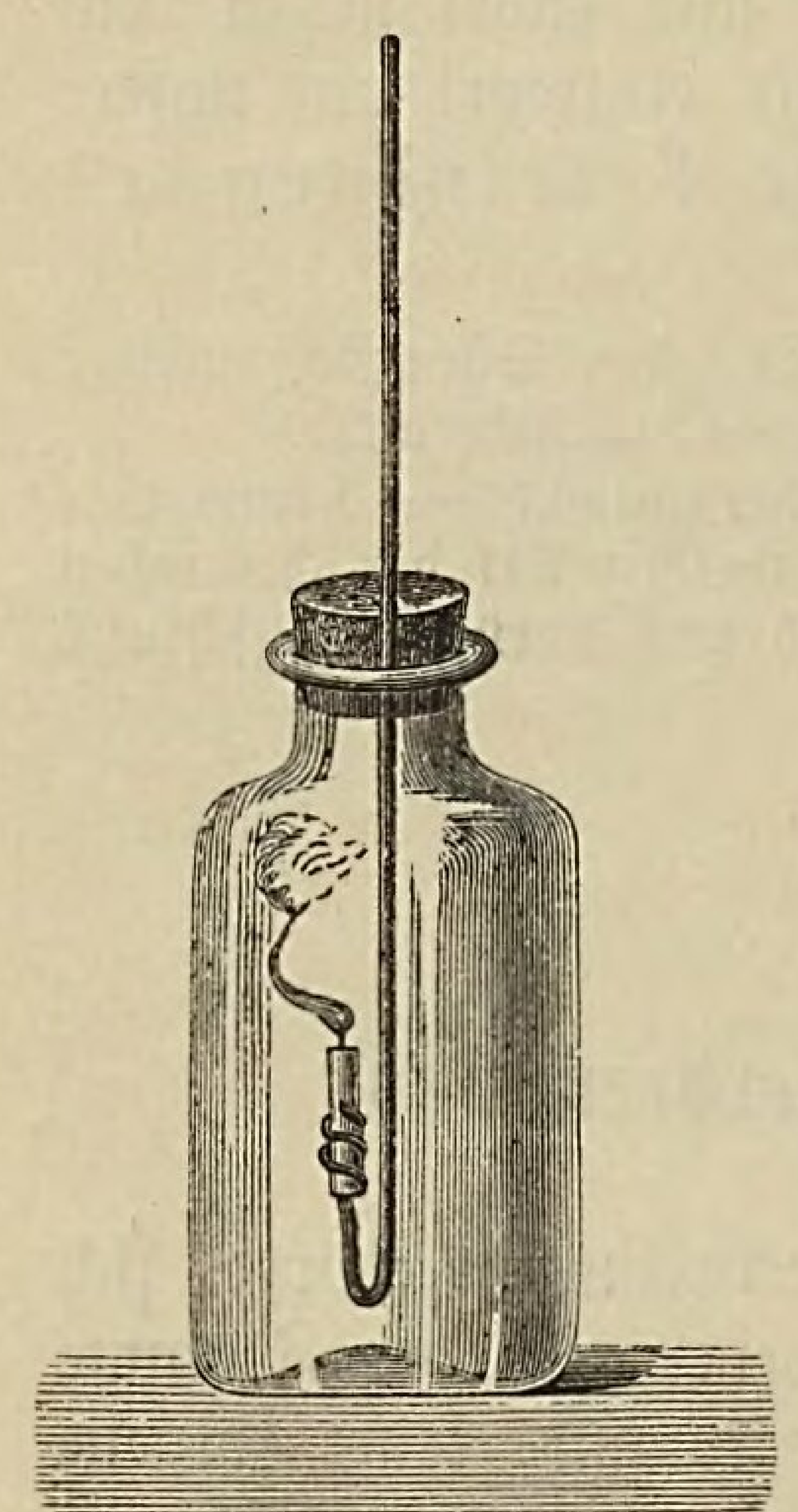
3. Es läßt sich aber auch zeigen, daß wirklich nur in der Luft Verbrennung stattfindet. Erneuert man nämlich bei dem vorigen Versuche das verbrannte Metall, verdrängt die Luft aus der Röhre durch gereinigtes und getrocknetes Wasserstoffgas und erhitzt dann, so wird der Goldschaum zwar glühend, aber verbrennt nicht. — Nur bei Gegenwart von Luft findet Verbrennung statt, wobei die Luft den erforderlichen Sauerstoff liefert.

§ 11.

Veränderungen der Luft bei der Verbrennung. — Zusammensetzung der Luft.

1. Welche Gründe sprechen dagegen, daß die Luft selbst Sauerstoff sei? (§ 2, 3.)

2. **Versuch.** Eine, an einem gebogenen Drahte befestigte, brennende Kerze wird in eine etwas weithalsige Flasche (Fig. 4) eingeführt. Bedeckt man jetzt die Mündung mit einem passenden Korke, so erlischt die Flamme. Zieht man die Kerze rasch heraus, ohne den Kork mehr als notwendig zu lüften, und bringt sie ebenso wieder hinein, nachdem sie von neuem angesteckt war, so erlischt sie sofort wieder. — Bei der Verbrennung in einem geschlossenen Raume verliert die Luft die Fähigkeit, die Verbrennung zu unterhalten.


Fig. 4. Verbrennung im abgeschlossenen Raume.

3. **Versuch.** Über eine, mit einem Korke auf Wasser schwimmend gemachte, brennende Kerze wird eine Glasglocke gestülpt. Das Wasser steigt in der Glocke in die Höhe und nimmt (wenn der Versuch in genauerer Weise angestellt wird) gerade ein Fünftel des ursprünglichen Luftraums ein, während die Kerze erlischt. — Bei der Verbrennung verschwindet ein Teil der Luft; der Rest vermag die Verbrennung nicht zu unterhalten.

4. Wo ist der verschwundene Teil der Luft geblieben? — Offenbar ist der Teil, um den die Luft vermindert wird, derselbe, um den das Gewicht des verbrennenden Körpers vermehrt wird, mit andren Worten: der verschwundene Teil der Luft ist Sauerstoff, der sich mit dem brennenden Körper verbunden hat.

5. Der Bestandteil der Luft, der nach dem Verschwinden des Sauerstoffs zurückbleibt und ein brennendes Licht erstickt, heißt Stickstoff. Beide Stoffe sind aber in der Luft nicht miteinander verbunden, sondern nur vermengt. — Die Luft ist ein Gemenge von 4 Teilen Stickstoff und einem Teile Sauerstoff.

Dadurch, daß wir einen Stoff als verbrennlich erklären, sprechen wir seine chemische Verwandtschaft zu welchem Elemente aus? — Wie lange nur brennt eine Kerze in einem luftdicht abgeschlossenen Raume? — Wie muß man es anstellen, um einen brennenden Gegenstand am Weiterbrennen zu verhindern? — Warum brennen Kohlen beim Einblasen von Luft lebhafter?

§ 12.

Der Sauerstoff (O.)

1. Der dritte Versuch in § 2 kann uns dazu dienen, reinen Sauerstoff in größerer Menge zu erzeugen*).

2. **Versuche** mit dem Sauerstoff.

a) Umgießen von Sauerstoff aus einem damit gefüllten in einen nur Luft enthaltenden Cylinder. Er fließt nach unten.

b) Schwefel brennt mit leuchtend blauer Flamme.

$$S + 2\ O = SO_2.$$

Das Verbrennungserzeugnis ist ein stechend riechendes Gas, das sich rasch in dem eingespritzten Wasser löst, demselben sauren Geschmack und die Fähigkeit, blaues Lackmuspapier zu röten, verleiht.

c) Eine ausgeglühte und gerade gebogene stählerne Uhrfeder, mit einem Stück Feuerschwamm entzündet, verbrennt unter lebhaftem Funkensprühen:

$$3\ Fe + 4\ O = Fe_3\ O_4.$$

Das Verbrennungserzeugnis ist eine geschmolzene, graue, metallische Masse. Soweit es in das Wasser der feuchten Wände und auf den Boden des Gefäßes spritzte, ist es in gelbbraunen Eisenrost verwandelt.

Welchen Eindruck macht der Sauerstoff auf unser Auge, unsere Nase, Zunge? (Siehe § 2, 3.) — Durch welches Mittel kann man ihn leicht erkennen? — Wie verhält sich sein Gewicht zu dem einer gleichen Luftmenge? — Vergleiche die Verbrennung in der Luft mit der im reinen Sauerstoffe. — Wie viel Teile Sauerstoff enthält die Luft? Wie viel Prozente? — Was wäre die Folge, wenn die Luft aus reinem Sauerstoffe bestände?

3. Der Sauerstoff ist, wie wir sahen, die Ursache der Verbrennungsvorgänge in der Luft. Seine chemische Verwandtschaft ist sehr bedeutend. Nicht nur Elemente (Eisen, Kupfer, Blei und andre Metalle), auch zahlreiche Verbindungen, mit deren Elementen er sich einzeln vereinigt, unterliegen seinem Angriffe. Sauerwerden des Bieres und Weines, — Ursprung des Namens „Sauerstoff"! — Verderben vieler Lebensmittel, Verwesen der Tier- und Pflanzenreste im Dünger, im Komposte und im Ackerboden u. s. w. — Solche ohne Lichterscheinung verlaufenden Verbindungen mit Sauerstoff heißen **langsame Verbrennungen.** Die bei ihnen entstandene Wärme ist meist zu geringfügig, um wahrgenommen zu werden. — Im Gegensatze zu ihnen stehen die **raschen Verbrennungen,** die unter Licht- und fühlbarer Wärmeentwicklung von statten gehen.

Gegen die langsame Verbrennung kann man die Stoffe häufig nur dadurch schützen, daß man sie unter Luftabschluß aufbewahrt. Auch das Rosten des Eisens ist eine langsame Verbrennung.

---

*) Empfehlenswert ist es, ihn auf eine billigere Weise vor Beginn des Unterrichtes zu bereiten nnd in einem Gasometer aufzubewahren.

4. Alle Verbrennungsvorgänge, sowohl die raschen wie die langsamen, nennt man auch **Oxydationen.** Ein Stoff wird oxydiert heißt: er verbindet sich mit Sauerstoff. Das Erzeugnis der Oxydation eines Stoffes nennt man sein Oxyd.

Was versteht man unter langsamer? was unter rascher Verbrennung? — Nenne Beispiele a) für die rasche b) für die langsame Verbrennung. — Woher hat der Sauerstoff seinen Namen erhalten? — Wie heißen die Erzeugnisse, die man durch die Verbrennung von Schwefel, Kupfer, Blei erhält? — Woher kommt es, daß sich das Natrium (§ 6) an der Luft rasch mit einer weißen Schicht überzieht? — Wie heißt der Stoff, aus dem die Schicht besteht? — Stelle die Zeichen der Verbindungen zusammen, die wir bisher kennen gelernt haben, und suche unter ihnen die Oxyde heraus.

5. **Ozon** nennt man eine Abart des Sauerstoffes, deren chemische Verwandtschaft besonders lebhaft ist; auch hat sie einen schwachen Geruch. Ozon zerstört leicht Pflanzenfarben. Gewöhnlicher Sauerstoff wird z. B. durch Elektricität in Ozon verwandelt (Geruch am Konduktor der thätigen Elektrisiermaschine, Physik § 94, 7). Bei der Entstehung des Sauerstoffs aus seinen Verbindungen bildet sich gleichfalls etwas Ozon (§ 2, 3). Es ist auch in sehr geringer Menge in der Luft anzutreffen. Rasenbleiche.

§ 13.

Die Atmung. — Wirkung des Sauerstoffs auf den Boden.

1. **Versuch.** Unter eine mit Wasser abgesperrte Glasglocke werden keimende Erbsen gebracht.*) Nach einigen Tagen ist die Sperrflüssigkeit in der Glocke emporgestiegen und nimmt ein Fünftel des Luftraumes derselben ein. Die Erbsen wachsen nun nicht mehr, sondern gehen zu Grunde, wenn ihnen nicht frische Luft zugeführt wird. — In der Pflanze findet eine langsame Verbrennung statt, durch die der Sauerstoff der abgesperrten Luft verzehrt wird, worauf die Pflanze stirbt. — Dieselbe Beobachtung hat man auch an Tieren gemacht, die in die abgesperrte Luft gebracht waren. Nach dem Verschwinden des Sauerstoffes ersticken sie.

2. Alle lebenden Wesen müssen zur Erhaltung ihres Lebens fortgesetzt Sauerstoff in sich aufnehmen. Den Vorgang, durch den dies geschieht, nennt man die **Atmung.** Durch den aufgenommenen Sauerstoff werden im Innern des Körpers langsame Verbrennungen ausgeführt.

3. Die Atmung geht bei den mit Lungen versehenen Geschöpfen in folgender Weise vor sich. Beim Einatmen wird in die Lunge Luft gesogen. Ihr Sauerstoff dringt durch die dünne Wand der Lungenbläschen in das dunkelrote Blut, das sich dadurch hellrot färbt (Lungenatmung). Nach dieser Veränderung wird das Blut durch das Herz und die Schlagadern (Arterien) in dem ganzen Körper verteilt, führt allen seinen Teilen Sauerstoff zu und nimmt dafür die gasförmigen Verbrennungserzeugnisse aus ihnen auf (Gewebeatmung). Nunmehr wieder dunkelrot geworden, kehrt es durch die Hohladern (Venen) zum Herzen und von da zur Lunge zurück, wo es sich abermals mit Sauerstoff beladet. Die gasförmigen Verbrennungserzeugnisse sondern sich in der Lunge vom Blute ab und verlassen den Körper beim Ausatmen (§ 25). — Die Fische

*) Die Sperrflüssigkeit ist aus Gründen, die sich aus § 24 und § 25 ergeben, mit Natriumlauge zu versetzen. Die keimenden Erbsen befinden sich auf einem mit weitmaschigem Stramin überzogenen Becherglase voll reinen Wassers. Je kleiner die eingeschlossene Luftmenge, je größer die Zahl der atmenden Pflänzchen und je günstiger die Temperatur ist, um so eher tritt der Erfolg hervor.

und viele andre Wassertiere atmen mit ihren Kiemen den im Wasser aufgelösten freien Sauerstoff. Dieser ist nur in kaltem Wasser löslich; er entweicht, sobald man es kocht. Setzt man, nachdem es wieder kalt geworden ist, Fische in solches Wasser, so ersticken sie. — Außer durch Lungen und Kiemen wird der Sauerstoff noch durch die Haut in den Körper geführt (Hautatmung). Viele niedere Tiere sind beim Mangel besonderer Atemwerkzeuge ausschließlich auf diese Art der Atmung angewiesen. — Tracheenatmung der Insekten.

Die durch die Atmung verursachte Verbrennung ist die Quelle der tierischen Wärme.

4. Bei den Pflanzen wird die Atemluft teils durch zahllose winzige Öffnungen der Oberhaut und der Rinde in das Innere befördert, teils durchdringt sie die geschlossene Oberhaut (siehe landwirtschaftliche Pflanzenkunde § 20, 4). Wesentlich für das Gedeihen der Pflanze ist, daß auch die Wurzel atmen kann, da andrenfalls sie und mit ihr die ganze Pflanze zu Grunde geht. In einem gut gelockerten Boden, dessen Poren nicht gänzlich mit Wasser, sondern vorwiegend mit sauerstoffhaltiger Luft ausgefüllt sind, ist diese Bedingung erfüllt. Zu nasser Boden wird daher durch Entwässerung ertragreicher.

5. Dadurch, daß man dem Sauerstoff Zutritt zu dem Ackerboden verschafft, werden die in ihm enthaltenen Pflanzennährstoffe infolge der Oxydation in einen Zustand übergeführt, der sie für die Aufnahme durch die Pflanzenwurzeln geeigneter macht. Dieses macht sich auch bei der Bearbeitung des Bodens geltend, weil dadurch die einzelnen Bodenteilchen mit der Luft in Berührung gebracht und infolge der Lockerung die Poren vergrößert werden, so daß sie mehr Luft in sich aufnehmen können. Je tiefer ein Boden bearbeitet wird, um so größere Erdmengen werden dem Einflusse des Sauerstoffes zugängig gemacht. Manche schädliche Bestandteile des Bodens werden durch Oxydation unschädlich gemacht. — Der Sauerstoffgehalt ist in der obersten Schicht der Ackerkrume am größten; er nimmt mit der Tiefe um so rascher ab, je dichter der Boden ist.

Warum wird der Sauerstoff auch als Lebensluft bezeichnet? — Warum sterben lebende Wesen, wenn sie dauernd in einem mehr oder minder luftdicht geschlossenen Raume eingesperrt sind? — Warum muß man in der Eisdecke, die einen Karpfenteich bedeckt, offene Stellen erhalten? — Warum sterben die Fische, wenn man ihrer zu viele in eine beschränkte Wassermenge setzt? — Warum ist es notwendig, das Wasser im Fischhafen öfters zu erneuern? — Warum darf man die Erneuerung unterlassen, wenn von Zeit zu Zeit ein Luftstrom durch das Wasser getrieben wird? — Warum ist stark bewegtes oder fließendes Wasser (zumal wenn es, wie bei der Berieselung von Wiesen, in breiter und flacher Schicht fließt) reicher an Sauerstoff als stehendes? — Warum erlischt ein Feuer, wenn man es mit Wasser oder Sand überschüttet? — Warum gehen die Rhizome der Quecken zu Grunde, wenn sie tief untergepflügt werden? — Warum darf man die Samen im Thonboden nicht so tief unterbringen wie im Sandboden? — Wie erklärt sich das Absterben (Aussauern) der Wintersaat an solchen Stellen des Ackers, wo im Winter der Boden dauernd sehr naß ist? — Wie ist diesem Übel abzuhelfen? — Aus welchem Grunde ist es ersprießlich, die dichte Kruste, mit der sich namentlich bindiger Boden leicht überzieht, zu zerbrechen? — Eine schwache Schneedecke schützt die Wintersaat vor dem Froste; eine zu starke hingegen, zumal wenn sie sich mit einer Eiskruste bedeckt, ist ihnen sehr nachteilig. Erkläre. — In welcher Weise beeinflußt die Tiefkultur den Sauerstoffgehalt eines bindigen Bodens?

§ 14.

Das Wasser. (H_2O.)

1. Wiederhole § 5. — Das Wasser ist das Oxyd welches Elements?

2. **Versuch.** Gereinigtes und getrocknetes Wasserstoffgas, das aus

einer zugespitzten, rechtwinklig gebogenen Glasröhre ausströmt, wird angezündet (Vorsicht!). Es brennt mit ruhiger Flamme. In einem, über die Flamme gehaltenen, weiteren Glasrohre entstehen eigentümliche Töne; an seiner Wand setzen sich Wassertropfen ab, die durch die Verbrennung des Wasserstoffs entstanden sind.

$$2H + O = H_2O.$$

Auch bei der Verbrennung einer Kerze (§ 9, 1) sahen wir Wasser entstehen. Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, daß der Stoff der Kerze Wasserstoff enthält (§ 8, 3). Durch die Verbrennung von freiem Wasserstoffe oder von wasserstoffhaltigen Verbindungen entsteht Wasser.

3. **Versuch.** Man vermische 100 g Wasser mit 35 g Kochsalz unter fleißigem Umrühren. Nach einiger Zeit wird die Flüssigkeit klar, das Salz ist verschwunden: es hat sich aufgelöst. Bringt man mehr Kochsalz in dasselbe Wasser, so bleibt es ungelöst. — Das Wasser löst sehr viele Stoffe auf; eine gegebene Wassermenge vermag jedoch von den meisten (bei derselben Temperatur) nur eine bestimmte Gewichtsmenge zu lösen. Schwerlösliche, leichtlösliche Stoffe. Hat es soviel aufgenommen, als es vermag, so nennt man die Lösung gesättigt. — Bei dem Abdampfen scheidet sich der Stoff aus der Lösung unverändert wieder ab. Ist diese daher als ein chemischer Vorgang zu betrachten? Vergl. die Lösung von Zink in Salzsäure (§ 7). — Auch Luftarten, wie Sauerstoff, sind im Wasser löslich.

4. **Versuch.** Wasser, das mit Erde, rotem Farbstoffe*) und Kochsalz verunreinigt ist, soll gereinigt werden. — Es wird zunächst durch ein Papierfilter geseiht (filtriert). Die jetzt klare, aber rote und salzige Flüssigkeit wird in einem Destillierapparat, dessen wesentliche Teile: Retorte (Blase), Kühler und Vorlage sind; **destilliert.** Dadurch wird das Wasser zuerst in Wasserdampf und dieser durch Abkühlung wieder in tropfbar-flüssiges Wasser verwandelt. Das aufgefangene Wasser ist chemisch rein, es heißt destilliertes Wasser. Es ist völlig geschmacklos. Man braucht es in den Apotheken und chemischen Laboratorien.

5. Das Wasser nimmt als Weltmeer über drei Viertel der ganzen Erdoberfläche ein. Aber das natürliche Wasser ist niemals chemisch rein, auch wenn es ganz klar erscheint. Das Meerwasser enthält etwa $3\frac{1}{2}\%$ Stoffe in sich gelöst, unter denen das Kochsalz vorwiegt. Das süße Wasser enthält gleichfalls Stoffe, die aus dem Erdboden herstammen, den es berührt.

6. In der Luft löst sich eine nach der Temperatur wechselnde Menge Wasser als Dampf auf. Durch die Wiederverdichtung der Dämpfe entstehen Tau, Nebel, Wolken, Regen, Schnee. Das so entstandene Wasser enthält einige Bestandteile der Luft in sich aufgelöst oder ist mit Staubteilchen verunreinigt. Vergl. Physik § 51, § 61 u. folg.

7. Das Wasser ist für alle lebenden Wesen von großer Bedeutung. Ohne Wasser kein Leben. Der Körper der lebenden Pflanzen kann bis über 90% enthalten. Der Wassergehalt ausgewachsener Tiere schwankt zwischen 40 und 60%. Beide hauchen ununterbrochen an ihrer Oberfläche das in ihnen enthaltene Wasser aus. Der Verlust wird bei den Pflanzen durch Aufnahme mittels der Wurzeln aus dem Boden gedeckt (Pflanzenkunde § 21) bei den Tieren durch das Trinken oder das mit der Nahrung aufgenommene Wasser.

8. Im Ackerboden bewirkt das Wasser die Auflösung vieler Stoffe, die dadurch aus ihm fortgeführt werden können. Durch seine Ausdehnung beim Gefrieren macht es ihn locker, verursacht aber auch das Aufziehen der Saat (Physik § 47). Es beeinflußt seine Wärme (Physik § 42, 6), hilft seine Durchlüftung vermitteln u. s. w. Bei Berieselungen wirkt es nicht nur infolge der in ihm gelösten und schwebenden Düngestoffe,

*) Rotholzauszug.

sondern auch durch den gelösten Sauerstoff, den es in den Boden befördert und an diesen, sowie an die Pflanzenwurzeln abgiebt. Inwiefern kann überschüssiges Wasser im Boden schädlich wirken? (§ 13, 4.)

Wie haben wir Wasser aus seinen Elementen erzeugt? — Wann nennt man einen Stoff löslich? wann unlöslich? wann leicht-, wann schwerlöslich? — Wann ist eine Lösung gesättigt? — Wodurch reinigt man Wasser von darin schwebenden Stoffen? — Wie bereitet man destilliertes Wasser? — Welche Bedeutung hat das Wasser für die lebenden Wesen? — Welche für den Ackerboden? — Warum wird zu nasser Boden durch Entwässerung verbessert?

§ 15.

Der Stickstoff (N.)

Der Stickstoff ist der andre Bestandteil der Luft. Woraus geht hervor, daß er ein geruch- und geschmackloses Gas ist? Woher rührt sein Name? — Er ist, wenn er ganz von dem beigemengten Sauerstoff gereinigt ist, etwas leichter als die gewöhnliche Luft.

Der Stickstoff ist ein Element. Seine chemische Verwandtschaft ist eine äußerst geringe. Nur mit großer Schwierigkeit vermag man ihn zur Vereinigung mit Sauerstoff oder mit Wasserstoff zu bringen.

Die für uns wichtigsten Stickstoffverbindungen sind das **Ammoniak** und die **Salpetersäure**.

§ 16.

Das Ammoniak (NH_3)

1. Was sagt das Zeichen NH_3 über die Zusammensetzung des Ammoniaks aus?

Das Ammoniak ist in dem Ammoniakwasser enthalten, dem es den eigentümlichen, zu Thränen reizenden Geruch verleiht.

2. Das **Ammoniakwasser** (der Salmiakgeist) ist eine wasserklare, stark riechende, laugenhaft schmeckende Flüssigkeit, die das rote Lackmuspapier blau färbt. Es findet in zahlreichen Gewerben Anwendung. In der Haushaltung benützt man es zum Waschen von Wollenzeug, zum Überstreichen von Insektenstichen, die dadurch unschädlich gemacht werden, zum Putzen des Silbers.

3. **Versuch.** Ammoniakwasser wird in einer Porzellanschale einige Zeit hindurch gekocht. Nach dem Abkühlen hat es die genannten Eigenschaften zum größten Teil eingebüßt. Die Flüssigkeit ist fast reines Wasser, während der Geruch sich im ganzen Zimmer verbreitet hat.

Erklärung: Das Ammoniakwasser ist Wasser, in dem das Ammoniak aufgelöst ist. Dieses ist ein farbloses Gas, das an dem zu Thränen reizenden Geruche erkannt wird. In kaltem Wasser löst es sich in großer Menge, unbedeutend dagegen in kochendem. Daher entweicht es aus der wässerigen Lösung beim Sieden.

4. Das Ammoniak nimmt man leicht in Schaf- und Pferdeställen*) wahr, ebenso in Düngerstätten. Es bildet sich nämlich durch die Verwesung und Fäulnis im Dünger, namentlich in der Jauche. Es ist einer der

*) Bei Verabreichung von Kraftfutter auch leicht in Rinderställen.

wichtigsten und wirksamsten Bestandteile des Düngers. Seinem Verluste ist daher nach Kräften vorzubeugen. Gegen sein Entweichen in die Luft benutzt man Gipspulver, mit dem man den Dünger überstreut. Der Gips bewirkt nämlich die Umwandlung des flüchtigen Ammoniaks in einen nichtflüchtigen Stoff. Auch Torfmull und humose Erde halten das Ammoniak im Dünger fest. Mit dem Dünger gelangt das Ammoniak in den Ackerboden. Geringe Mengen sind überall in der Luft verbreitet.

Wir lernten schon früher ein Gas kennen, dessen Auflösung im Wasser Anwendung findet. Wie heißt dasselbe? Wie verhält es sich gegen das Lackmuspapier? — Welcher Stoff verhält sich gegen das Lackmuspapier wie Ammoniakwasser und schmeckt ähnlich? — Wo trifft man das Ammoniak an? — Wie vielwertig erscheint das Stickstoffatom im Ammoniak?

5. Größere Mengen Ammoniakgas bereitet man, indem man Ammoniakwasser in einem, mit Trichterrohr und Gasabzugsrohr versehenen Kolben erhitzt und das entweichende Gas in einem Trockenturme*) trocknet (Fig. 5). Man fängt das Gas auf, indem man die zu seiner Aufnahme

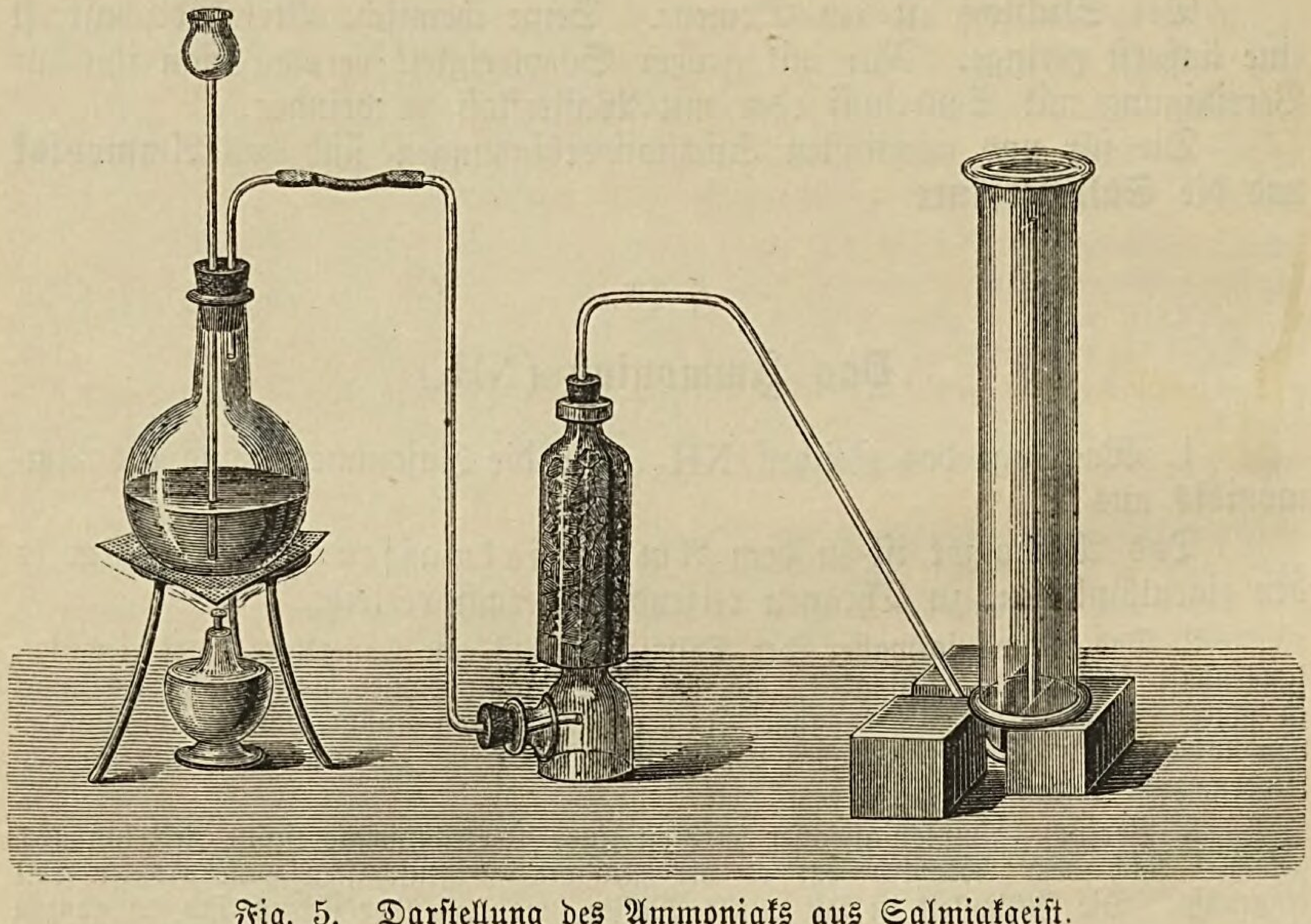


Fig. 5. Darstellung des Ammoniaks aus Salmiakgeist.

bestimmten Gefäße über die nach oben gerichtete Röhre stülpt, aus der es hervorströmt. Was folgt daraus über das Gewicht des Ammoniaks im Vergleich mit Luft?

6. **Versuche** mit dem Ammoniakgase:

a) Ein befeuchteter Streifen roten Lackmuspapieres über die Öffnung des Abzugsrohres gehalten, wird sofort blau.

*) Der Trockenturm muß mit gebranntem Kalk gefüllt sein.

b) In einen mit dem Gase gefüllten Cylinder wird an einem gebogenen Drahte eine brennende Kerze eingeführt. Das Gas entzündet sich in dem Augenblicke der Berührung mit der Kerze, erlischt aber sofort mitsamt dieser. — Das Ammoniak verbrennt nur schwer. Es vermag die Verbrennung nicht zu unterhalten.

c) In eine mit Ammoniak gefüllte Flasche wird etwas Wasser gespritzt. Es nimmt den Geruch des Ammoniaks an, färbt rotes Lackmuspapier blau und schmeckt laugenhaft. Wie heißt die hergestellte Flüssigkeit?

d) Eine innen trockene Flasche ist mit einem durchbohrten Korke geschlossen. In der Durchbohrung steckt eine an beiden Enden zugespitzte, weite Glasröhre, deren äußeres Ende zugeschmolzen ist. Nachdem die Flasche mit Ammoniak gefüllt und geschlossen ist, wird die äußere Spitze unter Wasser abgebrochen. Alsbald stürzt dieses springbrunnenartig in die Flasche. — Das eindringende Wasser löst nämlich das Ammoniak so rasch auf, daß ein luftleerer Raum entsteht, in den das übrige Wasser durch den Luftdruck gepreßt wird.

e) Ein mit Salzsäure befeuchteter Glasstab wird an das ausströmende Ammoniak gehalten. Es bilden sich weiße Nebel.

Welche Zusammenhangsform zeigt das Ammoniak? — Welchen Eindruck macht es auf unsere Sinne? — Woran kann man das Ammoniak erkennen? — Wie steht es mit der Brennbarkeit des Ammoniaks? — Wie verhält es sich zu Wasser? — Wie gegen Salzsäuregas? — Warum ist das Ammoniak für den Landmann wertvoll? — Wodurch entstehen Verluste an Ammoniak? — Wie lassen sie sich vermindern? — In welchen Ställen kann man das Ammoniak leicht wahrnehmen? und woran?

§ 17.*

Austreibung des Ammoniaks aus seinen Verbindungen.

1. Das Ammoniak kommt nicht nur frei vor, sondern auch in zahlreichen Verbindungen, die teils im Dünger enthalten sind, teils aus dem, aus Leuchtgasfabriken abfließenden Gaswasser gewonnen werden. Auf die letztgenannte Weise wird eine der landwirtschaftlich wichtigsten Verbindungen des Ammoniaks hergestellt nämlich das schwefelsaure Ammoniak.

2. **Das schwefelsaure Ammoniak** ($N_2H_8SO_4$ oder $(NH_4)_2SO_4$) ist im gereinigten Zustande ein farbloser, krystallisierter, salzartiger Stoff, geruchlos, von scharfem Geschmacke, in Wasser leicht löslich, ohne Wirkung auf Lackmus. — Es ist stets in dem mit Gips behandelten Dünger enthalten.

3. **Versuch.** Man reibe etwas schwefelsaures Ammoniak mit gebranntem, an der Luft zerfallenem Kalke zusammen. Sofort macht sich der Geruch des Ammoniaks bemerkbar. Man sagt: Das Ammoniak ist durch den Kalk aus dem schwefelsauren Ammoniak ausgetrieben. Auch aus andren im Stalldung enthaltenen Verbindungen treibt der Kalk das Ammoniak aus. Warum ist es daher verkehrt, Land, das mit schwefelsaurem Ammoniak oder mit Stallmist frisch gedüngt ist, bald darauf auch noch mit gebranntem Kalk zu düngen? — Thomasphosphat enthält gebrannten Kalk. Welche Folge hat seine Vermischung mit schwefelsaurem Ammoniak? (Versuch!) — Berechne: wieviel % Stickstoff enthält das schwefelsaure Ammoniak?

Anmerkung. Will man feststellen, ob irgend ein Stoff Ammoniak enthält, so reibt man ihn mit zerfallenem, gebranntem Kalk zusammen. Der Geruch oder ein mit Salzsäure benetzter Glasstab verrät dann das Entweichen der genannten Verbindung.

§ 18.

Die Salpetersäure. (HNO_3).

1. Gieb nach dem Zeichen an, aus welchen Elementen die Salpetersäure besteht. — Die Salpetersäure heißt auch Scheidewasser. Sie ist eine gewöhnlich farblose Flüssigkeit, doch kennt man sie auch als rote, rauchende Säure. Diese ist in ihren Wirkungen weit heftiger als die andre. Gießt man zu der roten, rauchenden Salpetersäure etwas Wasser, so wird sie ebenfalls farblos.

2. **Versuche** mit der Salpetersäure:

a) Wenige Tropfen der gewöhnlichen Säure in ein Glas Wasser gegossen. Es rötet nunmehr blaues Lackmuspapier und schmeckt sauer.

b) Überstreichen der menschlichen Haut (Vorsicht!), Eintauchen einer weißen Feder, weißer Seide. Alle drei werden gelb gefärbt. Die gefärbte Haut schuppt sich nach einiger Zeit ab.

c) Ein Tropfen der Säure auf Zeug gebracht. Es färbt sich rot und ist nach einiger Zeit zerfressen.

d) Eine blaue Auflösung von Indigo wird nach Zusatz der Säure in kurzer Zeit farblos. (Erkennungsmittel der Salpetersäure.)

e) Einige Kupferspäne in einem Probierglase mit Salpetersäure übergossen, lösen sich auf, wobei rote Dämpfe ausgestoßen werden, während die Flüssigkeit sich blau färbt.

f) Zu der wasserfreien, rauchenden Säure werde sehr vorsichtig Terpentinöl getröpfelt. Es entzündet sich unter Aufpuffen, wobei dichte, rotbraune Dämpfe ausgestoßen werden.

3. Die Salpetersäure findet sich gelegentlich, besonders nach Gewittern, in der Luft in äußerst geringer Menge vor. Man stellt sie fabrikmäßig her, da sie in den Schwefelsäurefabriken Anwendung findet. Man benutzt sie ferner zur Bereitung gewisser Sprengstoffe, wie Dynamit, Schießbaumwolle, des rauchlosen Schießpulvers, zum Gelbfärben der Seide, Auflösen von Metallen. Unter diesen vermag sie das Gold nicht zu lösen, wohl aber Silber oder Kupfer. Man benutzt sie daher zur Abscheidung des Goldes aus seinen Legierungen (§ 49, 6), woher sie den Namen Scheidewasser erhalten hat.

Welche Zusammenhangsform zeigt die Salpetersäure? — Wie viel Arten der Salpetersäure kennen wir? — Welchen Eindruck macht die Salpetersäure auf unsere Sinne? — Wie verhält sie sich gegen Lackmuspapier? — Zähle andre Stoffe auf, die in Geschmack und Verhalten gegen Lackmuspapier der Salpetersäure gleichen. — Welchen Namen führt die Salpetersäure noch? aus welchem Grunde? — Woran wird sie erkannt? Wozu benutzt man sie?

§ 19.*

Darstellung der Salpetersäure.

1. Die Salpetersäure stellt man aus dem **Salpeter** her, indem man ihn mit **Schwefelsäure** übergießt.

2. **Der Salpeter.** Es giebt verschiedene Salpeterarten. Sie alle sind Verbindungen der Salpetersäure. Der landwirtschaftliche wichtigste ist der **Natrium**- oder **Chilisalpeter**, $NaNO_3$, in reinem Zustande ein farbloser, krystallisierter Stoff von kühlend salzigem Geschmacke. Er wird an der Luft feucht. In Wasser löst er sich leicht; die Lösung verändert das Lackmuspapier nicht. Er findet sich im nördlichen Teile

Chile's, einem wüsten, regenlosen Gebiete am Fuße der Anden. Nach vorläufiger Reinigung wird er als roher Chilisalpeter nach Europa gebracht. Er findet Anwendung zum Düngen, zum Einpökeln des Fleisches, zur Herstellung der Salpetersäure, des Kalisalpeters, des Sprengpulvers. In größerer Menge in den Magen gebracht, erweist er sich als starkes Gift.

3. Die **Schwefelsäure** oder das Vitriol, H_2SO_4, ist eine wasserklare, etwas ölige Flüssigkeit, deren Wirkung noch zerstörender ist als die der Salpetersäure. Wolle, Zucker, Holz, die man in einem Probierglase mit Schwefelsäure übergießt, werden nach kurzer Zeit in schwarze, verkohlte Massen verwandelt. Ein Tropfen der Säure auf Zeug gesetzt, färbt und zerstört es rascher und vollständiger, als wir es bei der Salpetersäure sahen. Schwarz gewordenes Kupfer oder Messing wird durch Putzen mit verdünntem Vitriol wieder blank, es wird aber nicht in der Weise, wie von Salpetersäure, gelöst. Beim Vermischen von Schwefelsäure mit Wasser (Vorsicht!) tritt sehr starke Erhitzung ein. Wenige Tropfen in ein Glas Wasser geträufelt, verleihen diesem einen stark sauren Geschmack und die Fähigkeit, blaues Lackmuspapier zu röten. Indigofarbe wird nicht durch Schwefelsäure zerstört. Man stellt sie in großer Menge her, weil sie ausgedehnte Anwendung findet, z. B. auch zum Aufschließen der Düngemittel.

4. **Versuch.** In einer Retorte wird etwas Chilisalpeter mit (wenig) Schwefelsäure übergossen. Der Hals der Retorte ragt in einen durch Wasser gekühlten Kolben. Beim Erhitzen scheiden sich bräunliche Dämpfe aus der Retorte ab und verdichten sich in dem Kolben zu einer gelblichen Flüssigkeit. Diese ist rote, rauchende Salpetersäure, wovon man sich durch Indigolösung überzeugen kann. Die Salpetersäure ist durch die Schwefelsäure aus dem Salpeter ausgetrieben worden.

Vergleiche das Zeichen der Salpetersäure mit dem des Natriumsalpeters. Welche Veränderung ist an diesem vorzunehmen, damit er zu der Säure werde? — Durch was für einen chemischen Vorgang wird man die Änderung vollziehen können?

Nenne Verbindungen der Salpetersäure, die sich in der Natur vorfinden. — Welche von ihnen ist landwirtschaftlich am wichtigsten? — Worin unterscheiden sich Salpetersäure und Schwefelsäure voneinander? — Welche Eigenschaften haben sie miteinander gemein? — Warum darf man Thomasphosphat ohne Gefahr von Verlust mit Chilisalpeter vermischen? — Berechne: wieviel $^0/_0$ Stickstoff enthält der Natriumsalpeter?

Anmerkung. Wünscht man zu prüfen, ob ein Stoff Salpetersäure enthält, so übergießt man ihn in einem Probierglase mit so viel Indigo, daß die Flüssigkeit schwach blau erscheint und fügt Schwefelsäure hinzu. Wodurch kündigt sich dann das Vorhandensein von Salpetersäure an?

§ 20.*

Umwandlung des Ammoniaks in Salpetersäure.

1. **Versuch.** *) Eine gläserne Verbrennungsröhre ist in der Mitte auf einer Strecke von 5—6 cm mit platiniertem Asbest ausgefüllt (d. h. mit Asbest**), der mit fein zerteiltem Platin überzogen ist.) Vor dem

*) Die Anordnung der einzelnen Teile dieses Versuches ist dieselbe, wie die durch Fig. 21 erläuterte. Doch darf das Kochfläschchen mit dem Ammoniakwasser nicht erwärmt werden und die atm. Luft (kein reiner Sauerstoff) nicht durch, sondern nur über letztgenannte Flüssigkeit streichen.

**) Asbest oder Bergwatte ist ein faseriges, unverbrennliches Mineral, das z. B. in Schlesien gewonnen wird.

Asbestpfropf befindet sich ein Streif roten, hinter ihm ein solcher blauen Lackmuspapieres. Läßt man durch die Röhre ein Gemisch von gewöhnlicher Luft und wenigem Ammoniak rasch hindurchstreichen, während der Asbest stark erhitzt wird, so färbt das Gas zunächst das rote Lackmuspapier blau, nach dem Durchgang durch den aufglühenden Asbest das blaue hingegen rot. Gleichzeitig entstehen braungelbe Dämpfe ähnlich denen, die man an der rauchenden Salpetersäure bemerkt.

Erklärung: das Ammoniak wird durch den Sauerstoff der beigemengten Luft (unter gleichzeitiger Aufnahme von Wasser) zu der salpetrigen Säure HNO_2 oxydiert. Durch das fein zerteilte Platin wird die Wirksamkeit des Sauerstoffes nur erhöht (§ 49, 15). Der Vorgang ist demnach als eine Verbrennung zu betrachten.

2. Auch das im Ackerboden enthaltene Ammoniak verwandelt sich durch die Einwirkung des Sauerstoffes der Luft in salpetrige Säure (HNO_2), die durch Aufnahme von noch einem Atom Sauerstoff in Salpetersäure übergeht.

Der Vorgang ist in diesem Falle eine langsame Verbrennung. Man vergleiche das Zeichen des Ammoniaks mit dem der Salpetersäure; was muß aus dem Ammoniak entfernt, was hinzugefügt werden, damit es Salpetersäure werde?

Warum kann man mit Stalldung oder schwefelsaurem Ammoniak gedüngtes Land nach etwa $^1/_4$ Jahre ohne Gefahr von N-Verlust mit gebranntem Kalk düngen? (§ 17, 3.)

§ 21.

Der Stickstoff als Bestandteil des Tier- und Pflanzenkörpers.

1. Die chemischen Verbindungen, die sich in dem Körper der Tiere und Pflanzen bilden, bezeichnet man als **organische Verbindungen.** Im Gegensatz zu ihnen stehen die Stoffe der unbelebten Welt. Diese werden als **unorganische** bezeichnet.

2. Die wichtigsten organischen Verbindungen, nämlich die, woran sich sämtliche Lebensäußerungen knüpfen, sind die **Proteïnsubstanzen** oder Proteïne (Urlebensstoffe).*) Sie sind zusammengesetzt aus den Elementen: Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Schwefel (zuweilen auch noch Phosphor).

3. Aus Proteïnen bestehen z. B. das Hühnereiweiß, der Dotter, die Muskeln nebst den meisten übrigen Bestandteilen des tierischen Körpers. In den Weizenkörnern befindet sich ein gummiartiger Stoff, der nach dem Auskneten des Mehles zurückbleibt; man nennt ihn Kleber. Er besteht gleichfalls aus Proteïnsubstanzen. Aus der Milch scheidet sich beim Gerinnen der größte Teil des Proteïns als Käse ab.

Man teilt die Proteïnsubstanzen in folgende Abteilungen ein:

a. Die Eiweißstoffe oder Albumine, d. h. Proteïne, die sich wie das Hühnereiweiß verhalten.

b. Die Faserstoffe oder Fibrine, d. h. Stoffe, die ähnliche Eigenschaften zeigen, wie das Proteïn der Muskelfasern. Hierher gehört auch der erwähnte Kleber.

c. Die Käsestoffe oder Kaseïne, d. h. Stoffe, die dem Proteïne des Käses ähnlich sind.

4. Während die Tiere das Proteïn, das zu ihrem Gedeihen erforder-

---

*) Vergl. Weber, landwirtschaftliche Pflanzenkunde § 16, 2a.

lich ist, mit der Pflanzen- oder Fleischnahrung zu sich nehmen, müssen die Pflanzen es erst aus unorganischen Stoffen erzeugen. Den Stickstoff der Luft vermögen anscheinend die meisten wegen seiner geringen chemischen Verwandtschaft nicht zu binden. Sie müssen vielmehr fertige Verbindungen des Stickstoffs aufnehmen. Diese sind das Ammoniak und namentlich die Salpetersäure oder vielmehr Stoffe, in denen eine dieser beiden Verbindungen enthalten ist. Die Aufnahme erfolgt aus dem Boden mit den Wurzeln. Da bei jeder Ernte mit dem Stroh und den Früchten ein Teil des Stickstoffs fortgenommen wird, so tritt in dem Acker endlich eine derartige Verminderung der Stickstoffverbindungen ein, daß die folgenden Saaten nicht mehr in einträglicher Weise gedeihen können. Der fortgenommene Stickstoff wird zu einem sehr geringen Teile dadurch ergänzt, daß dem Ackerboden z. B. durch den Regen (§ 14, 6) eine kleine Menge des Ammoniaks und der Salpetersäure, die in der Luft enthalten sind, zugeführt wird. Allein diese Zufuhr reicht bei weitem nicht zu einem vollen Ersatze hin. Es muß daher dem Acker von Zeit zu Zeit wieder Stickstoff durch Düngung zugeführt werden.

Eine Ausnahme machen unter den Pflanzen die schmetterlingsblütigen (Klee, Lupinen, Serradella u. s. w., Pflanzenkunde S. 133). Diese Pflanzen vermögen den freien Stickstoff der Bodenluft unter der Mitwirkung gewisser niederer Pilze in organische Verbindungen überzuführen. Man nennt sie daher **Stickstoffsammler**. Sie brauchen nicht mit stickstoffhaltigen Düngemitteln gedüngt zu werden. Die in ihren Stoppeln zurückbleibenden Stickstoffverbindungen bereichern sogar den Ackerboden an Stickstoff. Alle andren landwirtschaftlichen Nutzpflanzen zehren den Vorrat von Stickstoff im Boden auf und verlangen eine Zufuhr von stickstoffhaltigen Düngemitteln. Daher heißen sie die **Stickstoffzehrer.**

Nenne stickstoffhaltige Düngemittel. — Nenne Düngemittel, die Ammoniak enthalten. — Nenne ein solches, das Salpetersäure enthält. — Warum muß man mit Stickstoff düngen? — Warum bereichert man den Boden mit Stickstoffverbindungen, wenn man Lupinen anbaut und grün unterpflügt (Gründüngung)? — Welche Verbindungen der lebenden Wesen enthalten Stickstoff? — Was versteht man unter organischen Verbindungen? Was unter unorganischen? — Nur in welchen lebenden Wesen können organische Verbindungen aus unorganischen entstehen? — Nur Stoffe aus welcher Gruppe von Verbindungen können den Tieren zur Nahrung dienen?

Dritter Abschnitt.

Die Elemente des Tier- und Pflanzenkörpers.

§ 22.

Die Verbindungen des Tier- und Pflanzenkörpers.

1. Der Körper der Tiere und Pflanzen besteht nicht nur aus Proteïnen, sondern noch aus einer Reihe von andren Stoffen, in denen die folgenden Elemente auftreten: Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, Kiesel, Chlor, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen (Jod).

2. Da das Element Kohlenstoff (C) in allen organischen Verbindungen enthalten ist, so werden sie auch als die Kohlenstoffverbindungen bezeichnet.

Die Zahl der organischen Verbindungen ist eine ungeheuer große; doch sind sehr viele, sowohl nach der Zusammensetzung wie nach der Anordnung der Atome in ihrem Molekül, einander ähnlich. Man hat diesen Umstand benutzt, sie in Hauptreihen zusammenzustellen, die wieder in Unterabteilungen zerfallen. Die Hauptreihen selbst kann man, je nachdem sie stickstoffhaltig oder stickstofffrei sind, in zwei Klassen bringen. Der folgende Überblick enthält die vorläufig bemerkenswertesten:

1. Klasse. Stickstoffhaltige (N.h.), zu denen die Gruppe der Proteïne gehört. Wiederhole die Abteilungen derselben. (§ 21, 3.)
2. Klasse. Stickstofffreie (N.f.). Sie bestehen sämtlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.
   a) Die Kohlenhydrate. Dazu rechnet man die Stärke, die Cellulose, das Dextrin (alle drei $C_6H_{10}O_5$) und die Zuckerarten.
   b) Die organischen Säuren, wie Essigsäure, Zitronensäure, Weinsäure.
   c) Die Glyceride. Sie sind Verbindungen des Glycerins mit den organischen Säuren. Die Fette sind Gemenge verschiedener Glyceride. (Ausführlicheres in der organischen Chemie.)

Im Folgenden werden wir uns mit den Elementen der organischen Stoffe genauer bekannt machen, die wir noch nicht näher kennengelernt haben.

§ 23.

Der Kohlenstoff. (C).

1. Der Kohlenstoff hat seinen Namen von den Kohlen, wie den Holzkohlen, die ihn aber nicht ganz rein zeigen (§ 28). Chemisch reiner

Kohlenstoff ist sehr selten; er tritt in zwei Arten auf, nämlich als Diamant und Graphit.

2. Der Diamant ist der wertvollste Edelstein, krystallisiert, der härteste Stoff, aber spröde. Die reinsten Diamanten sind vollkommen wasserklar, besitzen starken Glanz, brechen das Licht sehr kräftig. Wegen ihrer großen Härte benutzt man die kleineren und minderwertigen zum Ritzen des Glases. Stark glühend gemacht, verbrennt der Diamant in reinem Sauerstoffe ohne Hinterlassung von Asche. Man findet ihn in Indien, Brasilien, Südafrika.

3. Der Graphit ist ein weicher, metallischer, schwarzgrauer Stoff, der zur Herstellung der Bleistifte, als Ofenschwärze und zu den feuerfesten Tiegeln Verwendung findet. In Deutschland wird er bei Passau gefunden, die Hauptmenge kommt aus Sibirien.

§ 24.

Das Kohlensäuregas. (CO_2).

1. **Versuch.** Über Holzkohlenstückchen, die in einer Glasröhre eingeschlossen und erhitzt sind, wird getrocknetes, reines Sauerstoffgas geleitet. Sie verbrennen mit hellem Lichte. — In dem vorgelegten Cylinder sammelt sich ein farbloses, schweres Gas an, dessen Gegenwart man daran erkennt, daß eine am Draht befestigte Kerze beim Hineinhalten erlischt. Es ist das Kohlensäuregas (Kohlenstoffdioxyd), CO_2:

$$C + 2O = CO_2.$$

2. Versuche mit dem Kohlensäuregase.

a) Umgießen des Gases aus einem damit gefüllten in einen leeren Cylinder. Warum fließt es nach unten?

b) Durchleiten durch wasserklares Kalkwasser, das rasch getrübt wird. — Erkennungsmittel des Kohlensäuregases.

Kalkwasser erhält man, wenn man gelöschten Kalk in destilliertes Wasser legt und nach längerem, ruhigem Stehen die klare Flüssigkeit von dem Bodensatze abgießt.

c) Durchleiten durch ein halb mit destilliertem Wasser gefülltes Fläschchen. Das Wasser färbt blaues Lackmuspapier schwach rot und nimmt einen prickelnden, schwach säuerlichen Geschmack an.

d) Eine weithalsige, mit dem Gase gefüllte Kochflasche wird mit der Mündung unter Wasser gestellt. Am folgenden Tage ist das Gas verschwunden, die Flasche mit Wasser gefüllt. Wo ist das Gas geblieben?

e) Ein mit dem Gase gefülltes Probierglas wird mit der Mündung unter Natriumlauge (§ 6, 2) gestellt. Nach kurzer Zeit sieht man die Flüssigkeit in dem Glase emporsteigen.

f) In einen Cylinder voll Kohlensäuregas wird ein Gemisch von gelöschtem Kalk und Wasser (Kalkmilch) geschüttet, bedeckt und umgeschüttelt. Ein jetzt eingeführtes Licht erlischt nicht. Das Kohlensäuregas ist verschwunden.

3. Unter den Eigenschaften des Kohlensäuregases, die uns die angestellten Versuche lehren, ist seine Löslichkeit in Wasser hervorzuheben. Sie wird durch Abkühlung des Wassers und starken Druck beträchtlich vergrößert. Ein auf solche Weise mit Kohlensäure gesättigtes Wasser ist das Selters- oder Sodawasser. Läßt der Druck beim Lüften

des Korkes einer Selterswasserflasche nach, so entweicht das Kohlensäuregas unter heftigem Aufbrausen.

Bei der Auflösung des Kohlensäuregases im Wasser tritt eine Verbindung zwischen CO_2 und H_2O ein:

$$HO_2 + CO_2 = H_2CO_3.$$

H_2CO_3 ist die (eigentliche) **Kohlensäure.** Sie zerfällt sehr leicht wieder in Wasser und Kohlensäuregas. Im gewöhnlichen Leben bezeichnet man auch das Kohlensäuregas kurz als Kohlensäure.

4. Das Kohlensäuregas ist in der Natur ungemein weit verbreitet. Die gewöhnliche Luft enthält ungefähr 0,04 %; die in den Poren des Ackerbodens enthaltene ist jedoch viel reicher daran. An manchen Orten dringt Kohlensäure aus dem Erdinnern hervor (Brohlthal in der Eifel, Marienbad in Böhmen, Hundsgrotte bei Neapel). Manchmal strömt es beim Anlegen von Brunnen aus den tieferen Erdschichten hervor und sammelt sich in dem Brunnenschachte an, das Leben der Arbeiter gefährdend (§ 25). Daher läßt man ein brennendes Licht hinunter, bevor die Arbeiter hinabsteigen.*) Welchen Zweck hat das? Alles Wasser enthält etwas Kohlensäure gelöst, Fluß- und Regenwasser aber viel weniger als Quell- und Brunnenwasser. Manche Quellen enthalten so viel von dem Gase aufgelöst, daß dieses unter Aufschäumen entweicht, sobald sie an die Oberfläche kommen (Säuerlinge oder Sauerbrunnen, z. B. bei Selters im Taunus).

Welchen Eindruck macht das Kohlensäuregas auf unsere Sinne? — Welches ist sein Erkennungsmittel? — Wie verhält es sich zu einer Flamme? — Was kann man über sein Gewicht aussagen? — In welchen Mitteln löst sich das Kohlensäuregas? — Welche Eigenschaften nimmt Wasser an, in dem Kohlensäuregas gelöst ist? — Wie kann man größere Mengen von Kohlensäuregas veranlassen, sich in Wasser zu lösen? — Was ist Selterswasser? — Warum sprudelt das Selterswasser beim Öffnen der Flasche?

Stelle die Gase zusammen, die wir bisher kennengelernt haben. — Gieb das Erkennungsmittel eines jeden an. — Nenne die Gase, die sich in Wasser lösen. — Vergleiche ihre Löslichkeitsgrade miteinander.

Zähle alle Stoffe auf, die sich in dem Luftmeere vorfinden (§ 11, 5, § 14, 6, § 16, 4, § 18, 3, § 24, 4).

Zusatz. Wird Kohlensäuregas in einem starkwandigen Gefäß bei 0° C durch einen Druck von 36 kg auf den qcm zusammengepreßt, so verdichtet es sich zu einer farblosen Flüssigkeit, die als *flüssige Kohlensäure* bezeichnet wird. Beim Ausgießen verdampft die Flüssigkeit und erzeugt dadurch eine so beträchtliche Kälte (etwa — 79° C), daß der Rest der Flüssigkeit fest und schneeartig wird (vergl. Physik § 50, 3). Flüssige Kohlensäure wird fabrikmäßig dargestellt und dient zur Erhaltung des Bieres in den Schankfässern und zur Eisbereitung.

---

*) Doch können sich in den Brunnen auch Sumpfgas oder Schwefelwasserstoff vorfinden, die mit Luft Mischungen liefern, welche aufknallen, sobald sie mit einer Flamme in Berührung kommen.

§ 25.

Weitere Erzeugung von Kohlensäuregas. Beziehung zur Atmung.

1. **Versuch.** Es werde der Versuch in § 11, 2 wiederholt. Er kann auch in der durch Fig. 6 erläuterten Weise abgeändert werden. Nachdem die Kerze erloschen ist, wird das Gefäß mit etwas Kalkwasser ausgeschwenkt, dessen rasche Trübung die Gegenwart von vielem Kohlensäuregas anzeigt. Das Fett der Kerze enthält nämlich Kohlenstoff, durch dessen Oxydierung das Kohlensäuregas entstanden ist.

Wie erklärt es sich, daß sich das kalte und trockene Glas gleichzeitig innen mit Wassertropfen beschlägt? (§ 14, 2). — Welche Elemente sind demnach in dem Fette vorhanden?

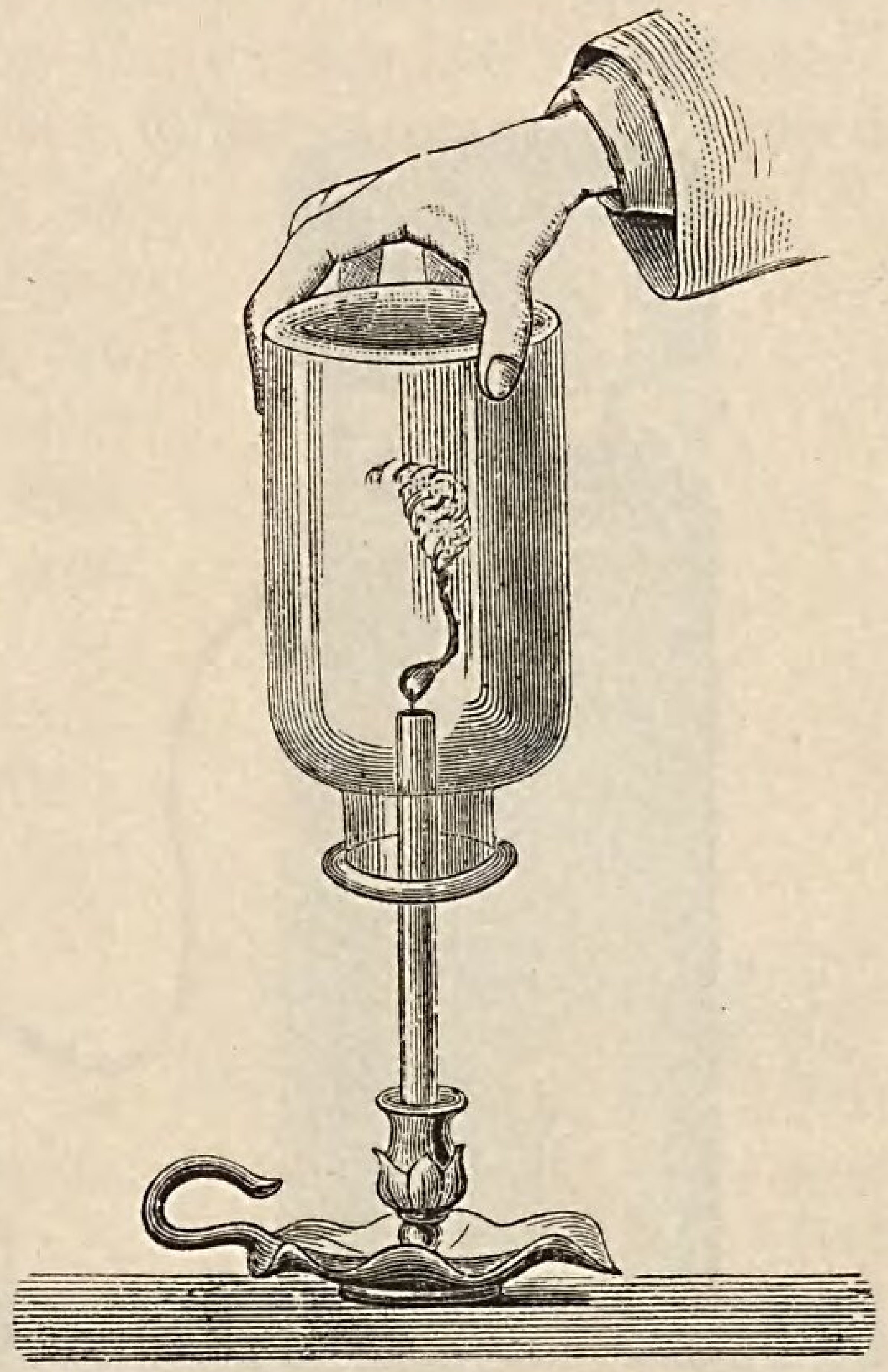


Fig. 6. Entstehung von Kohlensäuregas durch die Verbrennung einer Kerze.

2. Der Versuch hat den gleichen Erfolg, wenn man statt der Kerze einen brennenden Holzspan, eine Öl-, Sprit- oder Petroleumflamme anwendet, sämtlich brennende organische Verbindungen. — Das Kohlensäuregas entsteht nicht nur durch die Verbrennung des freien, sondern auch des in organischen Verbindungen enthaltenen Kohlenstoffs, und zwar sowohl durch rasche wie durch langsame Verbrennung.

Wie erklärt es sich daher, daß gedüngter, ebenso an organischen Resten (Humus) reicher Boden mehr Kohlensäuregas enthält als ungedüngter, humusarmer? — In § 13 erfuhren wir, daß durch die Atmung langsame Verbrennungen in den lebenden Wesen hervorgerufen werden, was uns zu folgenden Versuchen führt.

3. **Versuch.** Nachdem man tief aufgeatmet hat, blase man den Atem mit einer Glasröhre durch Kalkwasser. Es wird rasch und stark getrübt.

4. **Versuch.** Lebende Pflanzenteile (Blätter, Stengel, Rüben oder keimende Getreidesamen) werden in eine Flasche (Fig. 7.) gebracht. Durch diese wird aus einem Gasbehälter Luft gepreßt, die durch Natriumlauge von Kohlensäuregas befreit ist (§ 24, 2e) und beim Austritte aus der Flasche mit den Pflanzenteilen durch Kalkwasser streicht. Das Kalkwasser wird mehr oder minder rasch getrübt.

5. Alle lebenden Wesen hauchen Kohlensäuregas an Stelle des beim Einatmen aufgenommenen Sauerstoffs aus. Das Kohlensäuregas entsteht dadurch, daß der eingeatmete Sauer-

stoff den Kohlenstoff der organischen Verbindungen in den lebenden Zellen oxydiert (§ 13).

Welche Stoffe enthält demnach die eingeatmete, welche die ausgeatmete Luft? — Bei den Pflanzen ist die Kohlensäureausscheidung im ganzen geringer als bei Tieren, weil sie minder lebhaft atmen. Indes giebt es davon zahlreiche Ausnahmen; die Atmung junger Pflanzenteile, zumal der Keimpflanzen, treibenden Knospen, vieler Blüten, steht an Ausgiebigkeit kaum der Kohlensäurebildung warmblütiger Tiere nach. (Pflanzenkunde § 20). — Die Kohlensäureausscheidung und die ihr entsprechende Sauerstoffaufnahme wird bei Menschen und Tieren gesteigert durch Arbeit, durch niedrige Temperatur der umgebenden Luft und durch kohlenstoffreiche Nahrung. Sie wird vermindert durch Ruhe, Schlaf und erhöhte Lufttemperatur.

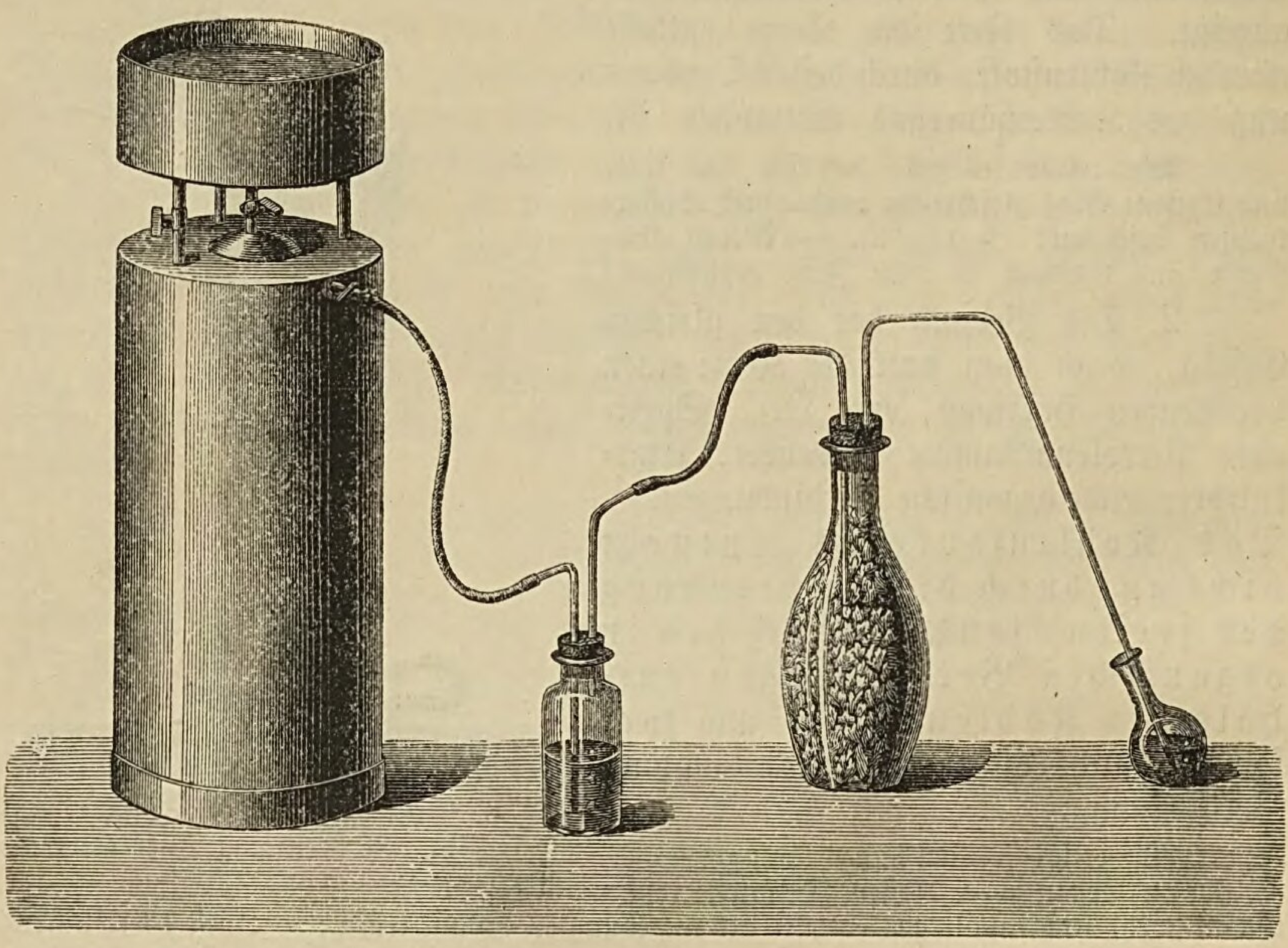


Fig. 7. Abscheidung von Kohlensäuregas aus lebenden Pflanzen.

6. Je mehr Kohlensäuregas die umgebende Luft enthält, um so schwerer entweicht es aus dem Blute und um so schwieriger wird die Atmung. Räume, worin sich viele Menschen und Tiere befinden, oder in denen auf andre Weise (durch Beleuchtung, Rauchen ꝛc.) viel Kohlensäuregas entsteht, sind darum stets gut zu lüften.

Die Luft der Wohnräume ist als schlecht zu bezeichnen, wenn sie mehr als 0,1 % CO_2 enthält; Stallungen dürfen nicht über 0,3 % enthalten. — In den Magen gebracht hat die Kohlensäure wohlthuende Wirkung. Natürliches und künstliches kohlensaures Wasser. Kohlensäure im Biere.

Auf welcherlei Weise haben wir Kohlensäuregas entstehen sehen? — Wie läßt sich nachweisen, daß durch die Atmung der Tiere und Pflanzen Kohlensäuregas entsteht?

— Beschreibe den Atmungsvorgang unserer Haustiere (§ 13). — Durch welche Umstände wird die Verbrennung im Tierkörper vermehrt? durch welche verringert? — Warum müssen Räume, die vielen Menschen oder Tieren zum Aufenthalte dienen, gut gelüftet werden? — Wann ist Luft als schlecht zu bezeichnen?

§ 26.

Die Kohlensäure und die Ernährung der Pflanzen.

1. **Versuch.** In kohlensäurehaltiges Wasser bringe man einige grüne Wasserpflanzen (ca. 60 g) und stelle sie in den hellen Sonnenschein (Fig. 8). Sofort scheiden sich an den Pflanzen kleine nach oben steigende Gasblasen aus. Fängt man diese in einem passend darüber angebrachten Gläschen auf, so erweist sich das angesammelte Gas als Sauerstoff. Sobald man die Vorrichtung aus dem Sonnenlichte in den Schatten bringt, wird die Gasabscheidung beträchtlich langsamer. Im Innern des Zimmers hört sie ganz auf.

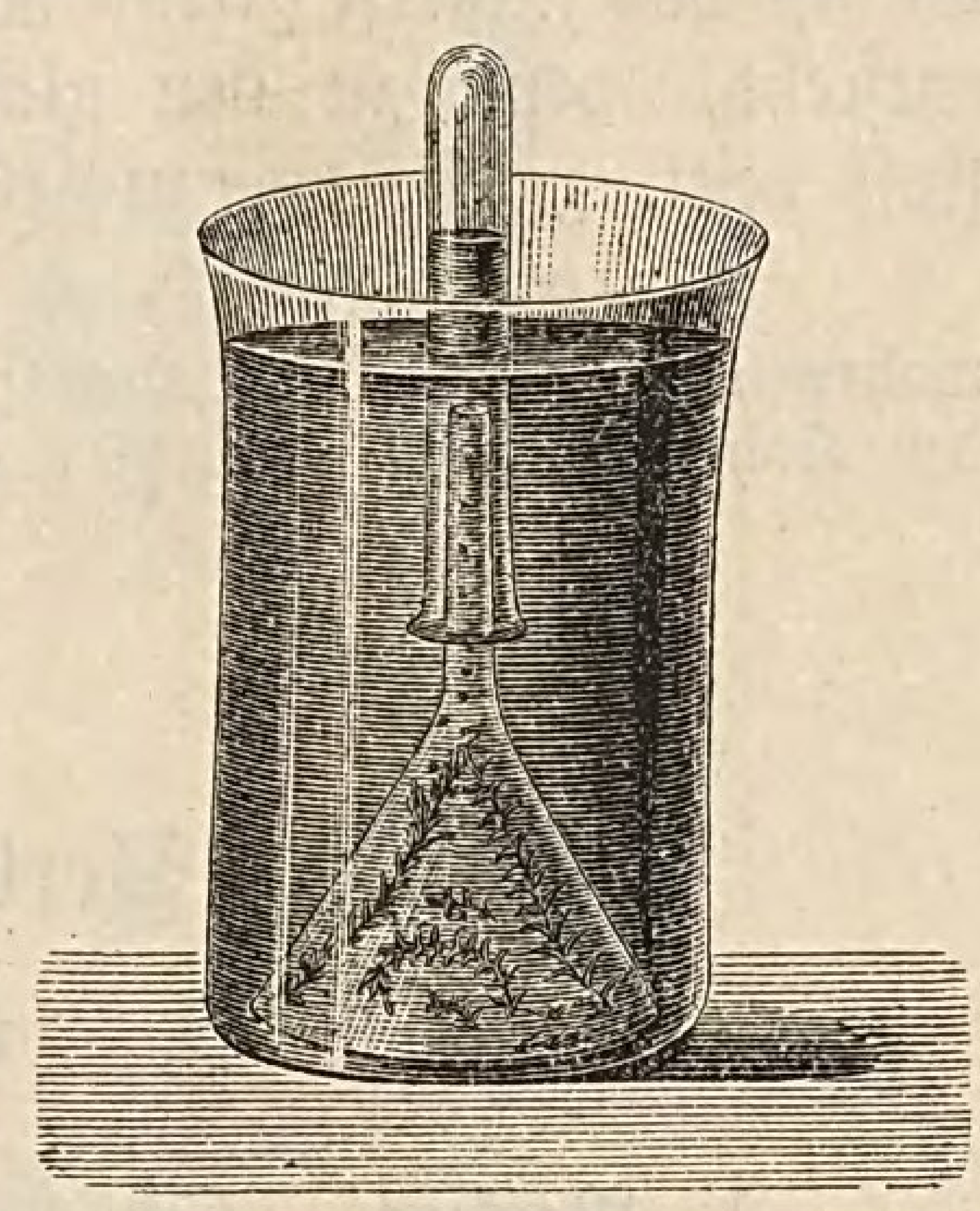


Fig. 8. Abscheidung des Sauerstoffes aus der Kohlensäure durch grüne Wasserpflanzen.

2. Die Erscheinung erklärt sich dadurch, daß die grünen Blätter die im Wasser befindliche Kohlensäure in Kohlenstoff und Sauerstoff zerlegen.

$$CO_2 = C + 2O.$$

Der Sauerstoff entweicht, während die Pflanze den Kohlenstoff in sich zurückbehält, der sich mit Wasser zu Stärke vereinigt.

$$6C + 5H_2O = C_6H_{10}O_5.$$

3. In derselben Weise, wie die Wasserpflanzen die (gelöste) Kohlensäure zerlegen, vermögen die grünen Teile (Blätter) der Landpflanzen das Kohlensäuregas der Luft in Sauerstoff und Kohlenstoff zu spalten, aber ebenfalls nur in hellem Lichte. — *Alle grünen Pflanzenteile zerlegen die Kohlensäure im Lichte, wobei Sauerstoff abgeschieden und Stärke in der Pflanze gebildet wird.* (Pflanzenkunde § 22, 9 und 10).

Die Landpflanze nimmt den zu ihrer Ernährung nötigen Kohlenstoff nicht aus dem Boden, sondern nur aus der Luft auf und zwar wesentlich durch die Blätter. Die Zerlegung der Kohlensäure durch die Blätter ist daher als ein *Ernährungsvorgang* zu betrachten, der mit der zu jederzeit stattfindenden Atmung nicht verwechselt werden darf.

Wieviel einzelne Vorgänge lassen sich bei der Stärkebildung unterscheiden? — Zu welchen Arten der chemischen Vorgänge gehören sie? — Inwiefern ist die Behauptung richtig, daß die Pflanzen die Zimmerluft verbessern? — Nur zu welcher Tageszeit geschieht es? — An welcher Stelle des Zimmers müssen die Pflanzen stehen? — Warum können die Wurzeln das Kohlensäuregas des Erdbodens nicht zerlegen? — Können die grünen Zweige des Besenginsters oder Spargels die Zerlegung bewirken? — Warum werden die Kartoffeln in einem Sommer mit vielen sonnigen Tagen stärkereicher als in einem solchen mit vor-

wiegend trüben? — Warum braucht die Pflanze Kohlenstoff zu ihrer Ernährung? — Warum darf man die Erneuerung des Wassers im Fischhafen unterlassen, wenn man in ihm grüne Wasserpflanzen zieht?

§ 27.

Das Kohlenoxydgas. (CO.)

Wenn man bei dem Versuche in § 24, 1 dem glühenden Kohlenstoffe zu wenig Sauerstoff zuführt, so erhält man gleichfalls ein farb- und geruchloses Gas; aber es ist etwas leichter als die gewöhnliche Luft und verbrennt mit blauer Flamme, ohne die Verbrennung selbst zu unterhalten. Es ist das äußerst giftige Kohlenoxydgas, das auch in unseren Zimmern entsteht, wenn zu den glühenden Kohlen im Ofen nicht genügend Sauerstoff tritt, z. B. bei zu frühem Schlusse der Ofenklappe.

Das Kohlenoxydgas ist um so gefährlicher, als wir es mit unseren Sinnen nicht wahrnehmen können. Daher sind die Ofenklappen besser ganz fortzulassen. Auch in den Kohlenplätteisen entsteht dieses Gas.

§ 28.*

Die rasche Verbrennung und die Verkohlung der organischen Stoffe.

1. **Versuch.** Stroh- oder Heuhäcksel, Holzstücke, getrocknetes Fleisch oder Mehl werden auf einem Bleche erhitzt. Zuerst entweichen brenzlich riechende Gase, während der erhitzte Stoff sich in Kohle verwandelt. Dann entzünden sich die Gase und brennen mit heller Flamme. Endlich hört mit der Gasentwicklung die Flamme auf, und nun verbrennen die Kohlen mit schwachem Glühen, das durch (vorsichtiges) Einblasen von Luft lebhafter gemacht werden kann. Schließlich hinterbleibt eine geringe Menge Asche.

Durch Erhitzen werden die organischen Verbindungen in brennbares Gas und in Kohle verwandelt. In dem Gase ist fast der gesamte Wasserstoff (nebst einer kleinen Menge Kohlenstoff) enthalten. Durch das Hinzutreten des Sauerstoffs der Luft wird zuerst der Wasserstoff verbrannt, dann erst folgt der schwieriger entzündbare Kohlenstoff der Kohlen. In diesen befinden sich auch die übrigen Elemente der organischen Körper (§ 22), deren Oxyde als nichtflüchtig zurückbleiben und die Asche bilden. Ausgenommen ist nur der Stickstoff, der sich nicht mit dem Sauerstoffe (bei rascher Verbrennung) verbindet, sondern als freies Gas entweicht.

Es ergiebt sich demnach aus unserem Versuche, daß als Enderzeugnisse der raschen Verbrennung organischer Körper Wasser, Kohlensäuregas, Stickstoffgas und Asche auftreten. Die Oxyde welcher Elemente wird man in dem letztgenannten

Erzeugnisse antreffen? — Man nennt diese die Aschenelemente (Pflanzenkunde § 22, 3.) Sie werden von der Pflanze mit der Wurzel aus dem Boden, dem Mineralreiche (als unorganische Verbindungen) aufgenommen, um in organische Verbindungen übergeführt zu werden. Sie heißen daher auch die mineralischen Nährstoffe.*) Die Tiere empfangen sie aus dem Pflanzenreiche in der Form jener organischen Verbindungen (§ 21, 4).

2. **Versuch.** In Probiergläsern werden Stärke, Zucker, Holz und Knochensplitter**) einzeln erhitzt (Fig. 9). — Es entstehen brenzliche Gase, eine teerartige Flüssigkeit und Kohle. Die Gase lassen sich entzünden und brennen mit leuchtender Flamme (Leuchtgas).

Durch die entstehenden (wasserstoffhaltigen) Gase wird die Luft ganz oder größtenteils aus dem engen Probierglase vertrieben. Die Erhitzung findet daher unter Luftabschluß statt.

3. Werden organische Stoffe unter Luftabschluß erhitzt, so erfolgt eine Zerlegung in Kohle, Teer und Leuchtgas. Man nennt diesen Vorgang die **Verkohlung** (Verschwelung, trockene Destillation). Nach der Herkunft unterscheidet man Holz-, Knochenkohle u. s. w. Coaks enthält man bei der Verschwelung der Steinkohlen.

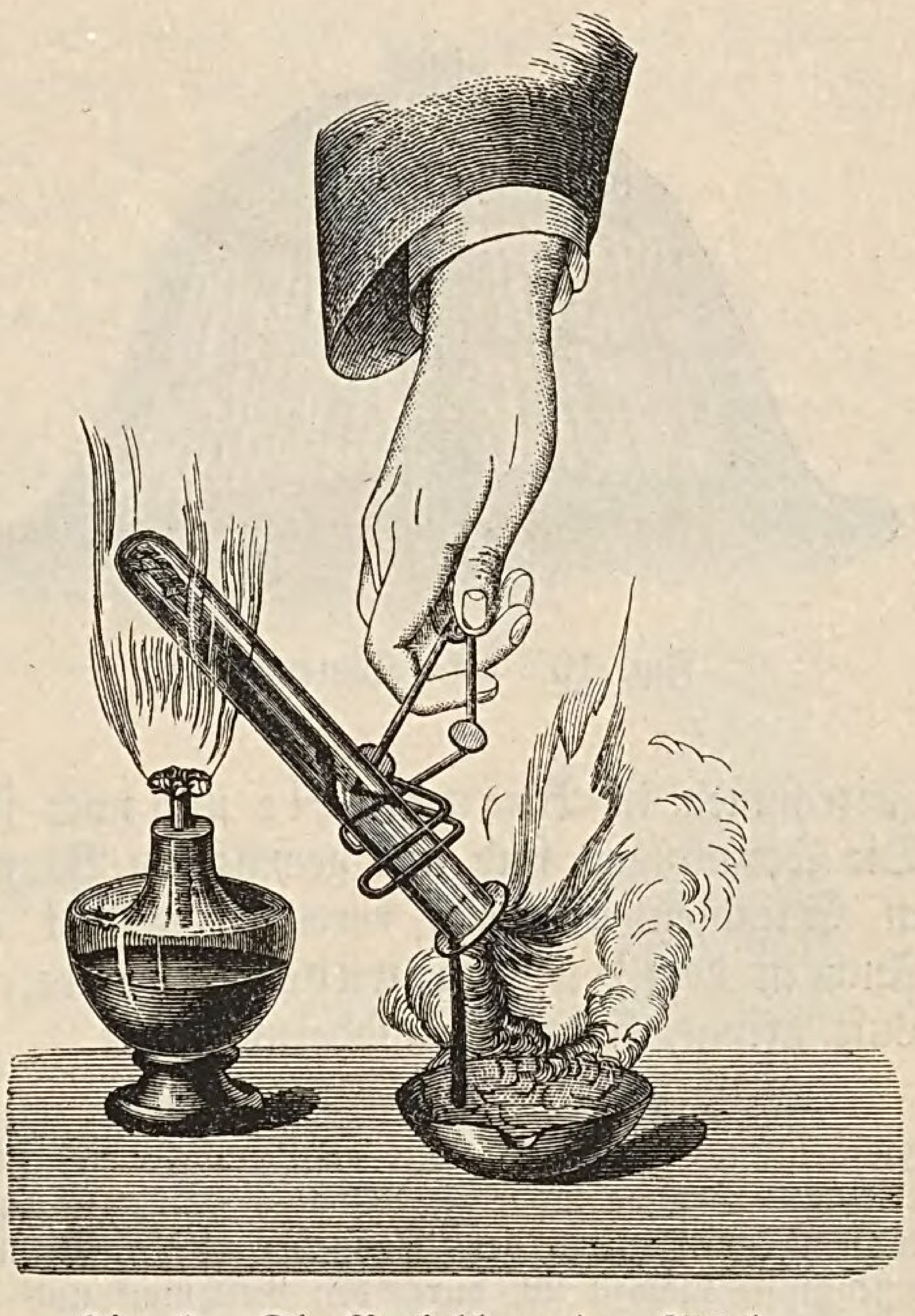


Fig. 9. Die Verkohlung der Stärke.

Was hat die Verkohlung mit den Erscheinungen in Versuch 1 gemein? — Worin unterscheidet sie sich von ihnen? — Wie kann man durch das Verfahren in Versuch 1 ebenfalls Kohlen erhalten?

4. Man benutzt den Verkohlungsvorgang zur Darstellung der verschiedenen Arten Kohlen und des Leuchtgases. — Holzkohlen bereitet man gewöhnlich in dem Meiler (Fig. 10). Der Luftabschluß wird durch Auflegen von Rasenstücken und Erde auf den Holzhaufen bewirkt, während in dem mittleren Kanal befindliche, entzündete Reiser die erforderliche Hitze erzeugen. — Leuchtgas wird durch Erhitzen von Steinkohlen in eisernen Retorten hergestellt. Als Nebenerzeugnisse ergeben sich besonders Coaks, Steinkohlenteer und Ammoniak, das dadurch entfernt wird, daß man das Leuchtgas durch Wasser leitet (Gaswasser). — Warum wird hierdurch das Ammoniak entfernt? (§ 16, 3 und 6). — Warum muß man das Ammoniak aus dem Leuchtgase entfernen? (§ 16, 6b).

---

*) Minder passend ist die Bezeichnung „unverbrennliche Substanz".

**) Bei der Erhitzung der Knochen läßt sich unter den entweichenden Gasen Ammoniak durch einen mit Salzsäure benetzten Glasstab nachweisen.

5. **Anwendung der Kohle.** — **Versuche:** Frisch ausgeglühte Kohle bringe man in ein mit Quecksilber gesperrtes Probierglas, das ein übelriechendes Gas*) enthält. An dem raschen Steigen des Quecksilbers merkt man, daß die Kohle das Gas verschluckt. — Mischt man etwas Rotwein oder gefärbtes Wasser mit ausgeglühter Kohle und filtriert, so erscheint die Flüssigkeit entfärbt.

Die Kohle hat die Eigenschaft, Farbstoffe und (übelriechende) Gase zu verschlucken (absorbieren). Daher benutzt man sie zum Reinigen des Trinkwassers, zum Klären des Zuckersaftes in den Zuckerfabriken und zum Entfuseln des Branntweins. — Außerdem wendet man sie als Farbstoff an, z. B. als Zeichenkohle, Druckerschwärze, chinesische Tusche, Stiefelwichse, ferner zur Herstellung des früheren Schießpulvers. — Als Brennstoff ist die Kohle wegen der beträchtlichen Wärmemenge, die sie liefert (Physik § 42, 4), besonders geeignet. Anwendung in den Schmieden, Schmelzöfen. Je reinerer Kohlenstoff sie ist, um so größere Hitze erzeugt sie, brennt aber auch um so schwerer, wenn nicht große Mengen Luft herbeigeschafft werden (Gebläse, stark ziehende Essen).

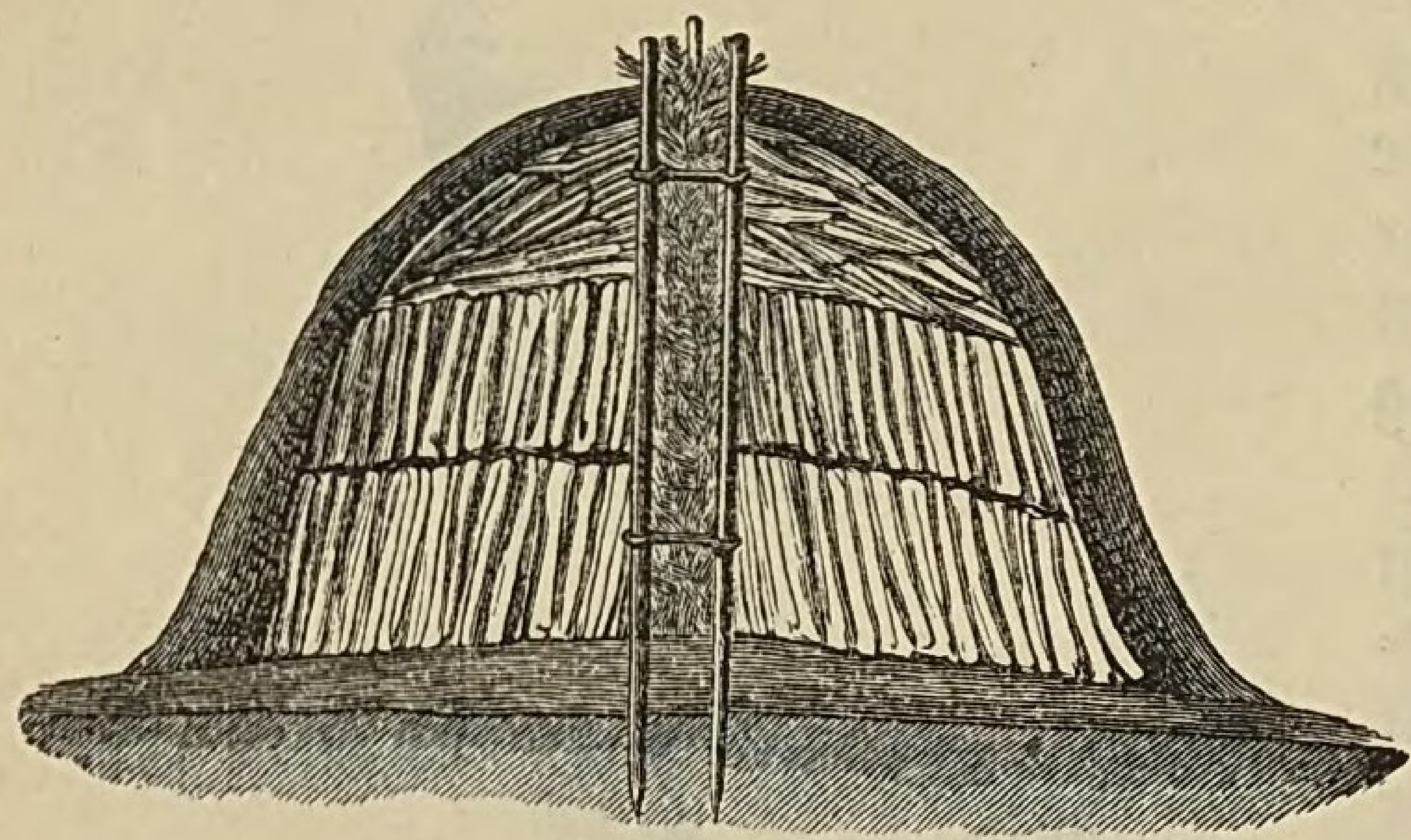


Fig. 10. Ein Kohlenmeiler.

6. **Die Vermoderung.** Auch in der Natur tritt Verkohlung ein. Man bezeichnet sie hier als Vermoderung. Den Luftabschluß bewirkt das Wasser; die meist unbedeutende Erhitzung kommt durch Druck zustande. Dies erfolgt z. B. in den Mooren, wo die unter Wasser gesunkenen Pflanzenteile sich immer stärker zusammendrücken. Sie verwandeln sich in Torf, der nach langen Zeiträumen in Braunkohle und noch später in Steinkohle übergeht. Die Steinkohlen sind aus gewaltigen Bäumen entstanden, die in der Urzeit in Sümpfen wuchsen, deren Geschlecht aber längst ausgestorben ist. — Auch in dem Untergrunde des Ackers, wohin nur wenig sauerstoffhaltige Luft dringt, findet Vermoderung statt.

7. Durch die Vermoderung entstehen gleichfalls außer festen noch flüssige und gasförmige Erzeugnisse. Die gasförmigen erkennt man an dem Entweichen von Blasen aus dem Grunde mooriger Gewässer (Sumpfgas), den schlagenden Wettern in Steinkohlenbergwerken, in den Gasquellen (Baku, Pennsylvanien). Die flüssigen Verkohlungserzeugnisse machen sich durch den Geschmack und die Farbe des Moorwassers (wenigstens teilweise) bemerkbar. Zu ihnen gehört auch das rohe Steinöl (Petroleum) und der Bergteer (Asphalt), die jedoch durch die Vermoderung von Seetieren entstanden sein sollen.

Zu welcher Art der chemischen Vorgänge gehört die Verbrennung? — Zu welcher die Verkohlung? — Welche Erzeugnisse erhält man durch die Verkohlung? — Wie stellt man das Leuchtgas her? — Welches landwirtschaftlich wichtige Nebenerzeugnis ergiebt sich bei der Leuchtgasbereitung? — Wo findet in der Natur Verkohlung statt? — Wie wird sie dort auch bezeichnet? — Welche Erzeugnisse entstehen bei der Verkohlung in der Natur? — Wie verwandelt man schmutziges, übelriechendes Wasser in Trinkwasser?

---

*) Z. B. Schwefelwasserstoff.

§ 29.*

Die Flamme.

1. An jeder Flamme unterscheidet man drei Zonen, nämlich von innen nach außen gehend: Kern, Mantel, Saum (Fig. 11).

2. **Versuche**: Ein, kurze Zeit quer durch eine Flamme gehaltenes Holzstäbchen ist nur an den Stellen angebrannt, die in den Mantel ragten; der im Kern gewesene Teil ist unversehrt. — Der Phosphor und Schwefel eines Zündholzes, in den Kern gehalten, schmilzt, ohne sich zu entzünden. — Mit einer Glasröhre, deren Ende in den Kern einer Spiritus- oder hinreichend großen Kerzenflamme gehalten werde, kann man ein brennbares Gas aus dem Kerne fortleiten. — Ein kalter Gegenstand werde gegen eine leuchtende Flamme gehalten. Er beschlägt sich mit Ruß, während die Flamme nichtleuchtend wird.

3. Im Kerne werden Talg, Spiritus oder Öl erhitzt und in brennbare, aus Wasserstoff und Kohlenstoff bestehende Gase verwandelt. Im Mantel verbrennt der Wasserstoff, der Kohlenstoff wird glühend und leuchtend. Im Saume, wo der glühende Kohlenstoff mit der Luft in hinreichende Berührung tritt, verbrennt auch dieser unter Entwickelung sehr großer Hitze.

Warum wird durch Einblasen der Luft die Hitze einer Flamme gesteigert? — Warum wird in einem gut ziehenden Ofen der Brennstoff besser verwertet, als in einem schlecht ziehenden? — Warum rußt die Flamme, wenn ihr zu wenig Luft zugeführt wird? — Wo ist die Hitze einer Flamme am größten? — Welcher Teil der Flamme erscheint als eine Gasanstalt im kleinen? — Welche Erzeugnisse erhält man durch die Verbrennung einer Kerze? (§ 9, 1; § 14, 2; § 25, 1).

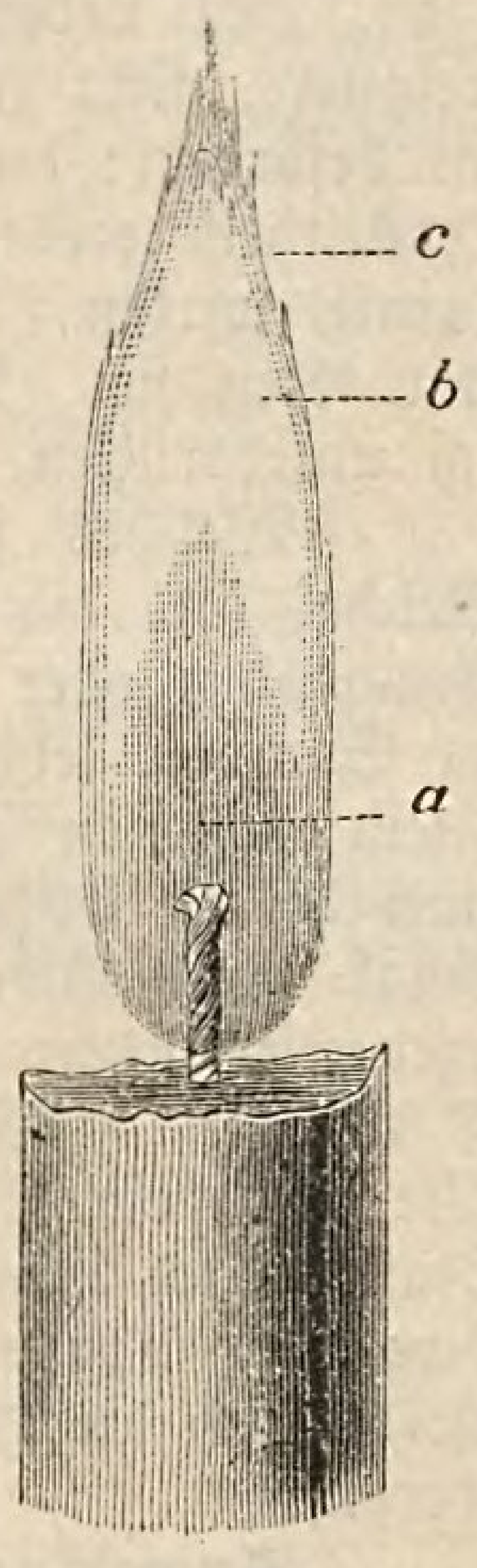


Fig. 11.
Die Flamme:
a. Kern, b. Mantel,
c. Saum.

§ 30.*

Die Verwesung.

1. Befinden sich organische Stoffe unter Luftabschluß, so vermodern sie. Liegen sie dagegen an der Luft, so erfahren sie zunächst zwar eine Schwärzung, nach längerer oder kürzerer Zeit jedoch verschwinden sie, anscheinend ohne eine Spur zu hinterlassen; sie sind verwest.

2. **Die Verwesung** ist eine langsame Verbrennung, die die organischen Stoffe erfahren. Ihr Verlauf läßt sich z. B. an den Tier- und Pflanzenresten des Düngers, Kompostes und der Ackerkrume beobachten. Zuerst wird in ähnlicher Weise, wie bei der raschen Verbrennung, hauptsächlich der Wasserstoff oxydiert. Durch dessen Verschwinden wird der Rest verhältnismäßig reicher an Kohlenstoff und nimmt eine braune oder schwarze Färbung an. Derartig gefärbte, erst teilweis verbrannte, organische Reste nennt man **Humus**.

3. Bei fortschreitender Verwesung wird auch der Kohlenstoff nebst dem übrigen Wasserstoff des Humus verbrannt und somit dieser gleichfalls in Kohlensäure und Wasser verwandelt. Vom Stickstoff wird ein

kleiner Teil frei, der Rest verbindet sich bei der Verwesung mit Wasserstoff zu Ammoniak, das sich in Salpetersäure verwandelt (§ 20). Die übrigen Elemente erleiden durch die Verwesung ähnliche Veränderungen wie durch die rasche Verbrennung.

4. Die Bedeutung der Verwesung besteht darin, daß sie tote organische Körper wieder in unorganische Stoffe verwandelt. Sie erzeugt aus ihnen Oxyde, die von den Pflanzenwurzeln aufgesogen und von neuem in den Kreislauf der belebten Welt eingeführt werden. Unverweste organische Stoffe können wenigstens den höheren Pflanzen nicht zur Nahrung dienen. Begünstigt wird die Verwesung durch reichlichen Zutritt von Luft, durch Wärme und mäßige Feuchtigkeit. Auch beschleunigt sie ein Zusatz von Kalk. Hierauf ist (wenigstens teilweise) die günstige Wirkung einer Kalkdüngung zurückzuführen.

5. Diese Erscheinungen werden besonders verständlich durch die Thatsache, daß die Verwesung unter der Mitwirkung winziger Organismen aus der Ordnung der Spaltpilze oder **Bakterien** (Pflanzenkunde § 27, 10) vor sich geht. Die Lebensthätigkeit dieser außerordentlich kleinen, einzelligen Pflanzen wird durch geeignete, nicht zu hohe und nicht zu niedrige Wärme, durch Luftzutritt und Feuchtigkeit befördert; durch ungeeignete z. B. zu niedere Temperatur, durch Luftabschluß und Trockenheit wird sie dagegen gehemmt. Auch leicht lösliche, unorganische Salze (z. B. Kainit) wirken, in großer Menge angewendet, auf die Verwesungsbakterien hemmend oder töten sie. Man kann durch solche Mittel die Verwesung verlangsamen oder gänzlich unterdrücken.

Welches sind die Erzeugnisse der raschen Verbrennung organischer Stoffe? — Welches sind die Erzeugnisse der Verwesung? — Wird die Verwesung in mäßig feuchtem Sandboden oder in ebensolchem Thonboden rascher vor sich gehen? — Warum ist sie im Sommer lebhafter als im Winter? — Wie wird es sich mit der Verwesung in einem trockenen Sandboden verhalten? — Verluste an welchem Pflanzennährstoffe wird man bei zu lebhafter Verwesung im Dünger erleiden? — Warum verwest der lockere Schaf- und Pferdemist rascher als der dichtere Rindermist? — Welches Verwesungserzeugnis macht sich daher auch in den erstgenannten Düngerarten leichter bemerklich? (§ 16, 4). — Welche Wirkung hat das Festtreten des Düngers durch die Tiere? — Wie wirkt ein Zusatz von Kainit zu Stalldung? — Warum wird die Luft in einem Stalle durch Liegenlassen des Düngers verschlechtert? — Wird durch Anwendung von Gips oder Torfstreu die Luftverschlechterung ganz verhütet werden? — Wodurch unterscheidet sich die Verwesung von der Vermoderung? — Worin stimmen sie miteinander überein.

Anmerkung. Im allgemeinen versteht man unter Humus alle organischen Reste, die sich in dem Ackerboden vorfinden und außer dem erwähnten Verwesungsvorgang z. T. durch verschiedene andre Vorgänge chemisch verändert sind, z. B. noch durch Vermoderung, Fäulnis, durch die Einwirkung von Würmern, Insekten, Pilzen u. s. w. — Häufig entstehen in dem Humus eigentümliche organische Säuren, die sogenannten **Humussäuren**.

§ 31.

Der Schwefel (S).

1. Der Schwefel ist ein krystallisierter, gelber, spröder Stoff, der beim Reiben mit Wollenzeug elektrisch wird. Er findet sich frei in vulkanischen Gegenden, als Absatz von Schwefelquellen (Aachen). Weite Verbreitung haben in der Natur seine Verbindungen, wie Schwefelkies, Bleiglanz, Gips u. s. w.

2. **Versuch.** Krystallisierter Schwefel werde in einem Probierglase langsam erhitzt; er schmilzt. Die Flüssigkeit, erst gelb, dann braun, wird bei einer gewissen Temperatur dickflüssig, bei weiterem Erhitzen wieder leichtflüssig und dunkelbraun, worauf das Sieden eintritt. Die Schwefeldämpfe scheiden sich als feines Pulver (Schwefelblumen) an den kalten Glasteilen ab. Gießt man den dickflüssigen Schwefel in kaltes Wasser, so bleibt er auch nach dem Erkalten einige Zeit weich und formbar.

3. Man benutzt den Schwefel zur Herstellung des Rauch erzeugenden Schießpulvers (§ 28, 5), der Schwefelzündhölzer, zur Erzeugung der schwefligen Säure und der Schwefelsäure. Schwefelblumen dienen zur Bekämpfung des Mehltaus. Den weichen, formbaren Schwefel wendet man zur Herstellung von Münzabdrücken an.

§ 32.*

Das Schwefligsäuregas (SO_2).

1. Wiederholung des Versuches § 12, 2 b. Statt des Sauerstoffs kann man auch Luft anwenden. — Hängt man in das Gefäß mit dem Gase eine rote Rose*), so wird sie nach einiger Zeit gebleicht. Beim Eintauchen in verdünnte Salzsäure wird sie wieder rot.

Das bei der Verbrennung des Schwefels entstehende Oxyd heißt auch Schwefligsäuregas (Schwefeldioxyd). Es besitzt einen stechenden Geruch, löst sich leicht in Wasser, bleicht Farbstoffe. Es ist giftig und reizt zum Husten. Insekten und Pilzkeime werden rasch dadurch getötet. Anwendung zur Bekämpfung des Ungeziefers, zum Töten der Bienen, zum Schwefeln der Bier- und Weinfässer, zum Bleichen (Wolle, Strohhüte).

Sehr verderblich ist seine Wirkung auf die Blätter der höheren Pflanzen. Schädlichkeit des Rauches der Schmelzhütten für benachbarte Felder und Baumpflanzungen.

2. Durch das Auflösen des Schwefligsäuregases in Wasser entsteht eine Verbindung H_2SO_3, die man als (eigentliche) **schweflige Säure** bezeichnet.

$$H_2O + SO_2 = H_2SO_3.$$

Im gewöhnlichen Leben bezeichnet man auch wohl das Gas SO_2 kurz als schweflige Säure.

§ 33.

Die Schwefelsäure (H_2SO_4).

1. Man kann die Verbindung SO_2 veranlassen, noch ein Atom Sauerstoff anzunehmen.

$$SO_2 + O = SO_3.$$

Dieses zweite Oxyd des Schwefels (SO_3) vereinigt sich noch rascher mit Wasser und bildet die Schwefelsäure.

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4.$$

*) Im Winter leistet den gleichen Dienst ein weißes Leinenläppchen, das mit dem Safte farbiger Pflanzenteile (roter Beete, Rotkohlblätter, Fliederbeeren u. dergl.) gefärbt ist.

2. Wiederhole § 19, 3.

3. Zur Herstellung der Schwefelsäure braucht man a) einen Ofen zum Verbrennen des Schwefels: es entsteht SO_2; b) einen Raum mit Salpetersäure, durch den das Schwefligsäuregas streicht: es nimmt dabei aus der Salpetersäure 1 Atom Sauerstoff heraus und verwandelt sich in SO_3; c) eine Bleikammer, in die auf der einen Seite das Gas SO_3, auf der andren Seite Wasserdampf aus einem Kessel eintritt. Bei der Mischung beider entsteht die Schwefelsäure.

Die Kammer muß aus Blei sein, weil dieses Metall nicht wie die meisten andren durch Schwefelsäure aufgelöst wird.

§ 34.

Das Schwefeleisen.

1. Künstliches Schwefeleisen s. § 2, 1.

2. Das natürliche Schwefeleisen hat meist die Zusammensetzung FeS_2. Es heißt **Schwefelkies** (Eisenkies, Markasit). Er findet sich in den Gebirgen als goldglänzender, krystallisierter, sehr harter Stoff. Auch in den Steinkohlen und hin und wieder in Thonlagern trifft man ihn an. Im Torfe und in dem unter Torflagern befindlichen Sande ist er in äußerst fein verteiltem Zustande nicht selten vorhanden.

Erhitzt man ein Stück Schwefelkies an der Luft sehr stark, so verbrennt es mit blauer Flamme. Dabei entweicht Schwefligsäuregas und Eisenoxyd bleibt zurück. Man benutzt daher den Schwefelkies in den Schwefelsäurefabriken statt des Schwefels. — Wird ein schwefelkieshaltiges Moor entwässert, so daß der Sauerstoff der Luft in seine Poren eindringen kann, so tritt der eben geschilderte Oxydationsvorgang ein. Das entstehende Schwefligsäuregas verbindet sich mit Wasser zu H_2SO_3, das noch 1 Atom O aufnimmt und sich in H_2SO_4, in Schwefelsäure, verwandelt. Derselbe Vorgang erfolgt, wenn bei Anlage von Moordammkulturen schwefelkieshaltiger Sand aus dem Untergrunde des Moores über die Dämme ausgebreitet wird. Die entstandene Schwefelsäure vernichtet den Pflanzenwuchs und muß durch Kalk (s. § 56, 4) beseitigt werden.

Wo findet man Schwefel? — Welche Eigenschaften hat er? — Wozu benutzt man ihn? — Wie viele Oxyde des Schwefels haben wir kennen gelernt? — Wie heißen die Verbindungen, die sie mit Wasser eingehen? — Wozu wendet man Schwefligsäuregas an? — Wozu Schwefelsäure? — Wie stellt man Schwefelsäure her? — Auf welchen Böden trifft man zuweilen Schwefelkies an? — Wodurch wird er schädlich? — Wie kann man der Schädigung entgegen wirken? — Warum werden Feuerungsanlagen, in denen viel schwefelkiesreiche Kohlen gebrannt werden, für die benachbarten Kulturen verderblich?

§ 35.

Der Schwefelwasserstoff (H_2S). — Fäulnis.

1. **Versuch.** Übergießt man in einem, mit Gasabzugsrohr versehenen Probierglase Schwefeleisen mit verdünnter Schwefelsäure, so entweicht ein sehr übel riechendes, brennbares, sehr giftiges Gas, das eine Silbermünze rasch schwarz färbt. Es ist Schwefelwasserstoff (H_2S). — Es findet ein Ersetzungsvorgang statt:

$$\boxed{Fe}S + \boxed{H_2}SO_4 = \boxed{H_2}S + \boxed{Fe}SO_4.$$

2. Beim Verbrennen des Schwefelwasserstoffs entsteht Schwefelsäuregas und Wasser.

$$H_2S + 3O = H_2O + SO_2.$$

Woran erkennt man das Schwefligsäuregas? — Wie kann man nachweisen, daß Wasser entsteht?

3. Der Schwefelwasserstoff entsteht bei der Fäulnis proteïnhaltiger Stoffe. Daher merkt man ihn in faulen Eiern, in manchen Düngerstätten.

Woher rührt der Schwefel und der Wasserstoff in diesem Falle? (§ 21, 1).

4. **Fäulnis.** Eier, Fleisch, Blut, Horn, überhaupt Stoffe, die stickstoffhaltige organische Stoffe enthalten und hinreichend feucht sind, faulen, d. h. werden unter Abscheidung übelriechender Gase, wie Schwefelwasserstoff und Ammoniak, zersetzt. Auch fehlt niemals Kohlensäuregas. Die Fäulnis wird ebenso wie die Verwesung durch besondre Arten von Bakterien erregt, deren Keime mit dem Staube herbeigeführt werden. — Wird Harn in einem Fläschen erhitzt und dieses noch während des Siedens mit einem Baumwollpfropf verschlossen, so bleibt er monatelang unverändert. Durch das Erhitzen sind nämlich die darin enthaltenen Bakterien getötet, und der Baumwollpfropf verhindert, bei ungestörtem Luftzutritt, daß neue hineinfallen. — Demnach läßt sich das Faulen verhüten 1. durch Fernhalten der Bakterienkeime und Vernichten der eingedrungenen durch Hitze (gekochtes Fleisch in noch heiß zugelöteten Büchsen), 2. durch Zusatz von Stoffen, die den Bakterien tötlich sind und deshalb als fäulniswidrig (antiseptisch) bezeichnet werden, wie Kochsalz, Rauch, Schwefligsäuregas, Salicyl-, Karbolsäure u. a. m.; 3. durch starkes Austrocknen und trockene Aufbewahrung, da die Fäulnisbakterien ohne Wasser nicht leben können (Salz-, Rauch- und Dörrfleisch, Stockfisch, Dörrobst).

Welche Erzeugnisse liefern die Proteïnsubstanzen bei der raschen Verbrennung? — Welche bei der Verwesung? — Welche bei der Fäulnis? — Was ist Verwesung? — Was ist Fäulnis? — Durch welche Mittel läßt sich die Fäulnis? durch welche die Verwesung hindern?

§ 36.

Der Phosphor (P).

1. Der Phosphor (Lichtträger) ist ein gelblicher, in dünnen Scheiben durchsichtiger, zerschneidbarer, im Dunkeln leuchtender Körper, der an der Luft raucht, eigentümlich riecht, beim Reiben sich leicht entzündet und dann mit heller Flamme verbrennt, wobei sich dicke weiße Dämpfe bilden. Man muß ihn durch Wasser von der Luft abgeschlossen halten, da er andrenfalls langsam verbrennt. An der Luft erwärmt, verbrennt er rasch; erwärmt man ihn unter Wasser, so schmilzt er schon bei niedriger Temperatur (44° C.). Er ist ein starkes Gift.

Es giebt eine Abart des gewöhnlichen Phosphors, die man wegen ihrer Farbe

als roten Phosphor bezeichnet. Er ist minder giftig, und entzündet sich schwerer als der gewöhnliche Phosphor.

Man verwendet den Phosphor zum Vergiften von Ratten und Mäusen, sowie zur Herstellung von Zündhölzern. In den gewöhnlichen Zündhölzern (Schwefelhölzern) ist der Phosphor mit Leim oder Gummi und einem, Sauerstoff abgebenden, Stoffe gemengt. Die schwedischen Zündhölzer sind selbst phosphorfrei; jedoch ist in der Masse der Reibflächen roter Phosphor enthalten.

2. Der Phosphor findet sich nirgends in der Natur frei vor, aber in zahlreichen Verbindungen. Von den Teilen der Pflanze sind die Samen, von denen des Tieres besonders die Knochen reich an Phosphor. Ebenso enthalten ihn die tierischen Ausscheidungen; er ist zuerst im menschlichen Harne entdeckt worden.*) Andre phosphorhaltige Stoffe, die aus dem Tierreiche stammen, sind: die Osteolithen (versteinerte Knochen), Koprolithen (versteinerter Kot), die Guanoarten (der auf einigen Inseln und einsamen Küsten, besonders des Stillen Ozeans, aufgehäufte Kot ꝛc. der Seevögel). Unter den Mineralien sind als phosphorhaltig zu nennen der Apatit und der Phosphorit (im Lahngebiete, bei Amberg, in Estremadura).

Die Knochen, Guanos, Koprolithen, Osteolithen, Phosphorite und Apatite bezeichnet man nebst andren natürlichen Phosphorverbindungen als **Phosphate**, die letzten vier als Mineralphosphate.

3. Jeder pflanzentragende Boden muß Phosphor enthalten. Warum? Jedoch ist der (aufnehmbare) Posphorgehalt nicht immer so bedeutend, um den Anforderungen unserer Kulturpflanzen zu genügen, zumal wenn er durch die Fortführung der Ernten vermindert ist. (Vergl. § 21, 4.) Deshalb muß man ihn durch Anwendung geeigneter Dünger wieder vergrößern.

Phosphorverbindnngen sind neben den andren mineralischen Nährstoffen der Pflanze in dem Stalldung enthalten. Die in Absatz 2 genannten Stoffe dienen (mit Ausnahme des Peruguanos, einiger künstlichen Guano und der meisten Knochenphosphate, die erhebliche Mengen Stickstoff enthalten) als reine Phosphatdünger. Sie werden vor der Verwendung sorfältig zerkleinert (die Knochen nach voraufgegangener Entfettung) und häufig außerdem mit Schwefelsäure aufgeschlossen, wodurch aus ihnen die Superphosphate hervorgehen.

Die Tiere nehmen den Phosphor mit der Pflanzen- und Fleischnahrung meist in Form von organischen Verbindungen auf.

§ 37.

Phosphoroxyd (P_2O_5) und Phosphorsäure (H_3PO_4).

1. **Versuch.** Ein Stück Phosphor werde unter einer Glasglocke, die auf einer gläsernen Unterlage steht, verbrannt. Das Verbrennungserzeugnis setzt sich als ein zartes, weißes Pulver an den Wänden der Glocke und am Boden ab.

$$2P + 5O = P_2O_5.$$

*) Der Harn des Pferdes, Schafes und Rindes, überhaupt der Pflanzenfresser, ist sehr arm an Phosphor, reich daran der des Menschen und Schweines. Die Hauptmenge des Phosphors ist in den festen Ausscheidungen enthalten.

An der Luft zieht dieses Oxyd rasch Feuchtigkeit an und bildet einen sirupdicken, bald weiter zerfließenden Körper.

2. **Versuch.** Wirft man das Oxyd in Wasser, so vereinigt es sich mit ihm unter Zischen und Wärmeentwicklung.

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4.$$

Die Verbindung H_3PO_4 verleiht dem Wasser sauren Geschmack und die Fähigkeit, blaues Lackmuspapier zu röten. Sie heißt die Phosphorsäure.

Ebenso wie wir früher bei der Kohlensäure und der schwefeligen Säure (§ 24, 4 und 32, 2) sahen, wird auch hier das Oxyd P_2O_5 häufig noch nach der älteren chemischen Ausdrucksweise als Phosphorsäure bezeichnet, während nach der neueren Chemie dieser Name nur der Verbindung H_3PO_4 zukommt.

3. Die **Phosphorsäure** ist eine sirupdicke, unter Umständen sogar feste Masse, die sich im Wasser sehr leicht löst und dann eine klare, farb- nnd geruchlose Flüssigkeit darstellt. Starke (konzentrierte) d. h. möglichst wenig mit Wasser verdünnte Phosphorsäure zerstört Zeug, aber minder heftig als Schwefelsäure. Selbst in großer Verdünnung schmeckt sie noch sehr sauer und rötet blaues Lackmuspapier. Die verdünnte Lösung hat keinerlei giftige Eigenschaften, sie findet in der Heilkunde Anwendung. Als Düngemittel ist sie ihres hohen Preises wegen ungeeignet; doch dient sie als Zusatz zu dem Stallmiste und zur Herstellung des Doppelsuperphosphates.

4. Gießt man klares Kalkwasser in verdünnte Phosphorsäure, so entsteht ein weißer Niederschlag. Gleichzeitig verliert die Säure den sauren Geschmack und die Fähigkeit, das blaue Lackmuspapier rot zu färben. — *Verliert eine Säure durch Einwirkung eines andren Stoffes ihre sauren Eigenschaften, so sagt man: sie ist neutralisiert worden*, oder sie ist neutral geworden.

Welches Gas zeigt ein ähnliches Verhalten gegen Kalkwasser wie die Phosphorsäure?

Beschreibe den Phosphor. — Warum darf man in der Natur keinen freien Phosphor erwarten? — Wozu verwendet man ihn? — Welche Teile des Tier- und Pflanzenkörpers sind durch Phosphorreichtum ausgezeichnet? — Warum kann man einem Tiere keinen freien Phosphor zu seiner Ernährung bieten? — In welcher Abart ist der Phosphor minder schädlich? — In welcher Form nehmen die Tiere den Phosphor auf? — Zähle phosphorhaltige Naturerzeugnisse auf. — Warum sind diese für den Landmann wichtig? — Wie erhält man aufgeschlossene Phosphate? — Wie das Oxyd des Phosphors? — Was haben wir an ihm wahrgenommen? — Welche Eigenschaften hat die Phosphorsäure? — Auf welche Weise kann man sie neutralisieren? — Wozu dient sie?

§ 38.

Das Kiesel (Si).

1. Das *Kiesel* (Silicium) ist ein graues, krystallisierbares, sehr hartes Element. Es findet sich nirgends in der Natur in freiem Zustande vor. Dagegen hat seine Verbindung mit Sauerstoff sehr weite Verbreitung. Das Oxyd SiO_2, bezeichnet man auch als **Kieselerde.** Es ist ein im Wasser völlig unlöslicher Stoff.

Eine sehr große Zahl von Mineralien, die sich durch Form und Färbung voneinander unterscheiden, besteht aus Kieselerde. Die bemerkenswertesten sind:

a) Der Bergkrystall, ein meist wasserklarer, sehr harter Stoff, der die Form sechsseitiger Säulen hat und sich in den Gebirgen sehr häufig vorfindet.

b) Der Achat, ein bunt gestreiftes Mineral, das sich z. B. im Erzgebirge, Hundsrück und andren Gebirgen vorfindet und zu Schmucksachen, Siegelsteinen u. s. w. geschliffen wird.

c) Der Feuerstein oder Flintstein. Er hat seinen Namen wegen der früher häufigen Verwendung zu Feuerzeugen erhalten. Versteinerte Seeigel, Donnerkeile.

d) Der Quarz (gemeiner Kieselstein) ist gewöhnlich weiß und durchscheinend. Er ist der Hauptbestandteil des (Quarz-) Sandbodens. Dünen- und Flugsand ist fast reiner Quarzsand, der zur Herstellung des Glases verwendet wird. Auch in den andren Bodenarten ist Quarz in Menge vorhanden.

2. Obwohl man nicht imstande ist, eine Verbindung zwischen Kieseloxyd und Wasser herzustellen, indem man beide Stoffe miteinander mischt, kennt man dennoch eine Verbindung beider, die die Kieselsäure, H_2SiO_3, heißt. Sie ist z. B. in dem kieselsauren Natrium enthalten, aus dem man sie mit Salzsäure austreiben kann.

3. Das **kieselsaure Natrium** (Natriumwasserglas), Na_2SiO_3, ist eine klare, ölartige Flüssigkeit, die an der Luft zu einer glasigen Masse erstarrt und daher zum Kitten von Glas Verwendung findet. Übergießt man es mit Salzsäure, so scheidet sich die Kieselsäure als gallertartige Masse ab, die man auf einem Haarsiebe durch wiederholtes Auswaschen mit vielem Wasser reinigt. Vergleiche das Zeichen der Kieselsäure mit dem des kieselsauren Natriums. Welche Veränderung ist an dem kieselsauren Natrium vorzunehmen, damit es zu Kieselsäure werde? Durch was für einen chemischen Vorgang wird diese Änderung vollzogen werden müssen? — Welche Stoffe haben wir früher durch Austreiben aus ihren Verbindungen erzeugt? (§ 17 und § 19).

4. Die **Kieselsäure** ist ein gallertartiger, fester Stoff, geruch- und geschmacklos, verhält sich gegen Lackmuspapier neutral, ist im Wasser in sehr geringer Menge löslich, leichter in Säuren, zerfällt an der Luft teilweise oder gänzlich in Wasser und Kieseloxyd:

$$H_2SiO_3 = H_2O + SiO_2.$$

Die freie Kieselsäure findet sich in geringer Menge im Erdboden vor; außerordentlich groß aber ist die Zahl der Mineralien, in denen sie im gebundenen Zustande auftritt. Man bezeichnet deren ganze Reihe als die **Silikate**.

5. **Organische Verbindungen des Kiesels** finden sich in der Oberhaut der Pflanzen, zumal der Schachtelhalme, der Gräser u. a. m. Die betreffenden Gebilde werden durch sie hart und spröde. Die organischen Kieselverbindungen gehen aus der Kieselsäure hervor, die die Pflanze mit der Wurzel aus dem Boden aufnimmt. Jedoch ist die Kieselsäure für das Gedeihen der Gräser nicht notwendig, wie sich daraus ergiebt, daß man diese Pflanzen auch ohne sie zur vollen Entwickelung gebracht hat. Daher ist es auch ein Irrtum, daß das Lagern des Getreides durch Mangel an Kieselsäure verursacht werde (Pflanzenkunde § 24, 3 b). Bei den höheren Tieren werden Kieselverbindungen nur spurenweise angetroffen. Dagegen besteht aus ihnen der Panzer vieler Infusorien (Aufgußtierchen). — Bei der Verbrennung der organischen Kieselverbindungen bleibt Kieseloxyd zurück.

6. Auch das Kieseloxyd wurde in der älteren Chemie als Kieselsäure bezeichnet und zwar unterschied man SiO_2 als unlösliche Kieselsäure von H_2SiO_3, der löslichen Kieselsäure.

In welcher Verbindung wird das Kiesel am häufigsten gefunden? — Nenne Mineralien, die aus Kieseloxyd bestehen. — Wie haben wir Kieselsäure bereitet? — Worin spricht sich eine Ähnlichkeit der Kieselsäure mit der Phosphorsäure aus? — Wodurch unterscheiden sich beide von einander? — Wodurch unterscheidet sich die Kieselsäure von allen andren kennen gelernten Säuren? — Warum ist sie kein wesentlicher Pflanzennährstoff? — Warum hat die Kieselerde für den Landmann Bedeutung?

§ 39.*

Das Chlor (Cl).

1. Nenne die Verbindungen des Chlors, von denen wir bisher erfahren haben, und gieb ihre Zeichen an.

2. Das Chlor ist nirgends in der Natur frei anzutreffen. Um so größere Verbreitung zeigen jedoch seine Verbindungen, deren wichtigste das Kochsalz oder Chlornatrium ($NaCl$) ist. — Zwei andre wichtige Chlorverbindungen sind die Salzsäure (§ 7) und der Chlorkalk.

3. Der **Chlorkalk** ($CaCl_2O_2$) ist kein in der Natur vorkommender Stoff. Man stellt ihn künstlich her. Er ist ein weißes, eigentümlich riechendes, körniges Pulver, das an der Luft feucht wird und in Wasser sich nur unvollkommen löst. Ein Streifen Lackmuspapier, den man in die durch Absetzenlassen geklärte und mit etwas Schwefelsäure versetzte Lösung taucht, wird gebleicht (Bleichkalk). Man verwendet den Chlorkalk in ausgedehntem Maße als Bleichmittel in den Papier- und Leinwandfabriken, ferner als Mittel zur Vernichtung von Ansteckungsstoffen in Aborten, Viehwagen (Desinfektion).

4. **Versuch.** In einem weiten Probierglase wird etwas Chlorkalk mit Salzsäure übergossen. Es entweicht unter Aufschäumen ein grün-gelbes Gas; dieses ist Chlor.

Der Vorgang bei der Einwirkung der beiden Stoffe ist ein sehr verwickelter, auf dessen genauere Darlegung wir Verzicht leisten.

5. **Versuche** mit Chlor. Zur Herstellung größerer Chlormengen bedient man sich einer ähnlichen Vorrichtung, wie sie zur Darstellung des Wasserstoffes verwendet wird:

a) Einleiten des Chlorgases in kaltes Wasser. Es löst sich darinnen auf, wobei das Wasser die Farbe des Chlors annimmt (Chlorwasser). — In heißem Wasser lösen sich nur geringe Mengen Chlor.

b) Hineinhalten von feuchtem, farbigem Zeuge, rotem und blauem Lackmuspapiere in das Gas. Sie werden gebleicht. — Auch das Chlorwasser hat bleichende Wirkungen.

c) Einführung einer brennenden Kerze in den Cylinder mit Chlor. Die Flamme wird kleiner, rötlich und scheidet große Mengen Ruß aus.

d) Im dunklen Zimmer wird ein Probierglas halb mit Chlor, halb mit Wasserstoff gefüllt und luftdicht verkorkt. Darauf wirft man es aus dem dunklen Raume, ohne es zu zerbrechen, in den hellen Sonnenschein. Unter Aufknallen erfolgt die Vereinigung der gemengten Gase. Wie heißt die entstandene Verbindung? (§ 7, 1.)

e) In einen mit Chlor gefüllten Cylinder wird etwas Goldschaum geworfen. Er vereinigt sich mit dem Chlor unter Feuererscheinung.

6. Das Chlor ist $2^1/_2$mal schwerer als die Luft. Seine chemische Verwandtschaft ist sehr groß. Besonders heftig ist seine Wirkung auf den menschlichen Körper. In größerer Menge eingeatmet zerstört es die zarten Gewebe der Lungen, verursacht Blutsturz und unter Umständen den Tod. Es findet Anwendung in der Heilkunde, zum Vernichten von Krankheit erregenden Bakterien und zum Bleichen.

Durch die Gegenwart von Weingeist oder Äther wird die heftige Wirkung des Chlors auf die Lungen vermindert.

Welche Zusammenhangsform zeigt das Chlor? — Wie haben wir es hergestellt?

— Welchen Eindruck macht es auf unsre Sinne? — Welche Wirkung hat es auf den menschlichen Körper? — Wie verhält es sich zur Verbrennung? — Welche Versuche lehren seine starke chemische Verwandtschaft? — Wo lernten wir hier und früher das Licht als Ursache eines chemischen Vorgangs kennen? — Warum muß man aus einem Zimmer, das mit Chlor von Krankheitskeimen befreit (desinficiert) werden soll, metallene Gegenstände entfernen? — Wievielwertig ist das Chloratom?

§ 40.*

Das Jod (J).

Das Jod besteht aus metallisch glänzenden Schuppen, die ähnlich wie Chlor riechen. Beim Erhitzen in einem trockenen Probierglase verwandelt es sich in ein veilchenblaues Gas, das sehr schwer ist und sich an den kälteren Teilen des Glases in Krystallen absetzt. Auf der Haut bringt es braune Flecken hervor, die bald wieder verschwinden, wenn die Berührung nur kurz war. In Wasser ist es schwer, leicht dagegen in Weingeist löslich (Jodtinktur. Anwendung in der Heilkunde). Rohes Stärkemehl wird durch Jod bei Gegenwart von Wasser veilchenblau, gekochte Stärke dunkelblau. Daher dient Jod als Erkennungsmittel der Stärke z. B. in Kartoffeln oder bei Verfälschungen von Nahrungsmitteln durch Stärkezusatz.

Das Jod wird in der Natur nicht frei angetroffen. Seine Verbindungen enthalten das Meerwasser, einige Salzquellen und namentlich manche Meerpflanzen und Seetiere. Man gewinnt es aus der Asche des Seetangs und aus jenen Salzquellen.

§ 41.*

Rückblick. — Säureanhydride. — Säuren. — Metalle und Nichtmetalle. — Basen. — Übersicht der Elemente.

1. Stelle die Elemente zusammen, die wir kennen gelernt haben.

2. Desgleichen die bei jedem einzelnen Elemente kennen gelernten Verbindungen nach Namen und Zeichen.

3. Suche aus diesen die Oxyde heraus.

4. Desgleichen die als (eigentliche) Säuren bezeichneten Verbindungen.

5. Viele **Säuren** entstehen, indem sich gewisse Oxyde mit Wasser verbinden.

Ein derartiges Oxyd bezeichnet man auch als das **Anhydrid** der betreffenden Säure, z. B. ist P_2O_5 das Anhydrid der Phosphorsäure, SiO_2 das Anhydrid der Kieselsäure u. s. w. In der älteren Chemie wurden auch die Anhydride als Säuren betrachtet (vergl. § 37, 2 und § 38, 6). Welche Säuren sahen wir nicht aus einem Anhydrid hervorgehen? Welche zerfallen leicht in das Anhydrid und Wasser?

6. Alle erwähnten **Säuren**, mit Ausnahme der Kieselsäure, haben einen sauren Geschmack und färben blaues Lackmuspapier rot. Außer den Säuren, die wir kennen gelernt haben, giebt es noch eine große Zahl andrer, die zum Teil aus denselben, zum Teil aus andren Elementen hervorgehen. Aber nicht aus allen Elementen

entstehen Säuren. Die Elemente, aus denen Säuren hervorgehen können, heißen **Nichtmetalle** (Metalloide). Ihnen stehen die andren Elemente als die **Metalle** gegenüber.

7. Aus den Metallen gehen Verbindungen hervor, die laugenhaft schmecken und rotes Lackmuspapier blau färben. Man nennt sie die **Basen.** Wir haben einige derartige Stoffe ebenfalls schon kennen gelernt (§ 6 und § 16, 2) und werden ihnen in der Folge noch mehrere zufügen.

Zusatz. Übersicht der Elemente.

A. Nichtmetalle.

1. Antimōn.*)	11. Niōb.	21. Titān.
2. Arsēn.	12. **Phosphor.**	22. Urān.
3. Bor.	13. **Sauerstoff.**	23. Vanadīn.
4. Brom.	14. **Schwefel.**	24. **Wasserstoff.**
5. **Chlor.**	15. Selēn.	25. Wismut.*)
6. Chrom.	16. **Kiesel.**	26. Wolfram.
7. Fluor.	17. **Stickstoff.**	27. **Zinn.***)
8. **Jod.**	18. Tantal.	28. Zirkōnium.
9. **Kohlenstoff.**	19. Tellūr.	
10. Molybdän.	20. Thorium.	

B. Metalle.

1. **Alumīnium.**	13. **Gold.**	25. Osmium.
2. Bāryum.	14. Indium.	26. Pallādium.
3. Berȳllium.	15. Irīdium.	27. **Platin.**
4. **Blei.**	16. **Kalium.**	28. **Quecksilber.**
5. Cādmium.	17. Kōbalt.	29. Rhodium.
6. **Calcium.**	18. **Kupfer.**	30. Rubīdium.
7. Cäsium.	19. Lanthān.	31. Rhutēnium.
8. Cērium.	20. Līthium.	32. **Silber.**
9. Didȳm.	21. **Magnēsium.**	33. Strontium.
10. **Eisen.**	22. Mangān.	34. Thallium.
11. Erbium.	23. **Natrium.**	35. Yttrium.
12. Gallium.	24. **Nickel.**	36. **Zink.**

Außer diesen Elementen hat man in neuerer Zeit noch einige Metalle entdeckt, die aber noch sehr wenig bekannt sind.

§ 42.

Das Kalium (K).

1. Das Kalium wird nie frei, wohl aber in zahlreichen organischen und unorganischen Verbindungen angetroffen. Die organischen sind in besonderer Menge in den Wurzelgewächsen (Kartoffeln, Rüben), dem Harne, dem Wollschweiße enthalten. Wichtige kaliumhaltige Mineralien sind der

---

*) Im gewöhnlichen Leben betrachtet man Antimōn, Wismut, Zinn, wegen ihres Aussehens als Metalle.

Kainit, *Karnallit*, der *Kaliumfeldspat* und der *Kaliumglimmer*, die beiden letzten (samt Quarz) Gemengteile des Granites und häufige Bestandteile des Ackerbodens. Quarzreicher Sandboden und der Moorboden sind stets arm an Kaliumverbindungen.

Durch den Anbau und die Ausfuhr kaliumreicher Pflanzen tritt in dem Boden eine Verarmung an Kaliumverbindungen ein, der durch geeignete Düngung entgegenzuwirken ist.

2. Das Kalium ist ein silberweißes, sehr weiches Metall, das unter Petroleum aufbewahrt werden muß, da es sich an der Luft außerordentlich rasch in weißes Oxyd, das **Kaliumoxyd** (Kali), K_2O, verwandelt:

$$2K + O = K_2O.$$

Auf Wasser geworfen, schwimmt das Kalium und entzieht ihm den Sauerstoff, wobei Wasserstoff frei wird, der infolge der hohen, bei dem Vorgange entstehenden Wärme mit rötlich-blauer Farbe verbrennt. Die Färbung rührt von kleinen Mengen verdampfenden Kaliums her (Phys. § 91, 3).

$$\boxed{H_2}O + \boxed{K_2} = K_2O + H_2.$$

Das entstehende Kali löst sich in Wasser auf und bildet *Kaliumlauge*, die das rote Lackmuspapier bläut und laugenhaft schmeckt.

Welche Wertigkeit hat das Kaliumatom?

3. Die **Kaliumbase** (KHO). Indem das Kaliumoxyd sich in Wasser löst, geht es mit ihm eine Verbindung ein:

$$K_2O + H_2O = 2KHO.$$

Die Verbindung heißt die Kaliumbase (Ätzkali, Kaliumhydroxyd). Man erhält sie beim Abdampfen der Lösung in einer silbernen Schale (andre Stoffe werden durch sie zerstört) als einen harten, weißen Körper, der die Haut der Finger zerätzt, sie daher seifig macht. Er löst sich im Wasser unter Wärmeentwickelung wieder zu Kaliumlauge auf. Er ist ein heftig wirkendes Ätzmittel. Von Stoffen, die ähnliche Eigenschaften haben, wie die Kaliumbase, sagt man: sie wirken (reagieren) *alkalisch*. Anwendung: in den Seifenfabriken, der Heilkunde, den chemischen Laboratorien.

4. Das **schwefelsaure Kalium***) (K_2SO_4). — Ein salzartiger, krystallisierter, farbloser Stoff, als Pulver weiß, von etwas bitterem Geschmack, in Wasser löslich, neutral. Es ist der wichtigste Bestandteil des *Kainites*, der bei Staßfurt in bedeutender Menge gewonnen wird und als Kalidünger Verwendung findet.

5. Das **Chlorkalium** (KCl) ist der wichtigste Bestandteil des *Karnallits*, der als kaliumhaltiges Düngemittel gleichfalls dem Staßfurter Salzlager entstammt. Das reine Chlorkalium ist ein weißes, scharf salzig schmeckendes Salz, das sich im Wasser leichter löst, als das vorige. Die Lösung ist neutral.

---

*) Statt von *Kalium*verbindungen spricht man auch von *Kali*verbindungen. Das schwefelsaure Kalium heißt demnach auch schwefelsaures Kali.

6. Das **kieselsaure Kalium** (K_2SiO_3) oder Kaliumwasserglas ist in reinem Zustande dem Natriumwasserglase (§ 38, 3) sehr ähnlich. Es ist im Kaliumfeldspat, Kaliumglimmer und andren Mineralien des Ackerbodens enthalten.

7. Das **kohlensaure Kalium** (K_2CO_3) gewinnt man durch Auslaugen der Holzasche und Eindampfen der erhaltenen Lösung (Pottasche). Ein weißes, krystallinisches, alkalisch schmeckendes Salz, das an der Luft zerfließt. — Anwendung in den Glasfabriken. — Es findet sich in der Jauche und im Ackerboden.

8. Der **Kaliumsalpeter** (KNO_3) krystallisiert in großen, sechsseitigen, säulenförmigen Krystallen. Er unterscheidet sich vom Natriumsalpeter (Würfelsalpeter) dadurch, daß er an der Luft nicht feucht wird. In der Hitze schmilzt er. Anwendung zu Schießpulver. — Schmilzt man etwas Kaliumsalpeter in einem Probierglase und wirft ein Stück Schwefel hinein, so verbrennt es mit blendend weißem Lichte. Der Salpeter giebt nämlich, indem er sich zersetzt, seinen Sauerstoff an den Schwefel ab. Das gleiche geschieht, wenn man statt des Schwefels ein Stück Kohle in den geschmolzenen Salpeter wirft. — Der Kaliumsalpeter ist ein Bestandteil mancher Bodenarten, aus denen man ihn durch Auslaugen gewinnt. Gewöhnlich stellt man ihn aus Natriumsalpeter her.

9. Das raucherzeugende Schießpulver erhält man, indem man z. B. 75 Teile Kaliumsalpeter mit 12,5 Teilen Kohle und ebensoviel Schwefel mengt, nachdem man jeden Stoff für sich sehr fein zerpulvert hat. In den Pulverfabriken erfolgt die Mischung im feuchten Zustande. Der erhaltene Brei wird zu einer dünnen Tafel ausgewalzt, die nach dem Trocknen zerkleinert (gekörnt) wird. Je feiner das Pulver ist, um so rascher brennt es ab. Das alte Geschützpulver besteht aus sechseckigen Scheiben, die $2^1/_2$ cm dick sind und bis 7 cm Durchmesser besitzen (Sprengpulver s. § 19, 2).

Nenne kaliumhaltige Mineralien. — An welches früher kennen gelernte Metall erinnert das Kalium? — Welche Eigenschaften hat es mit diesem gemein? — Worin unterscheidet es sich von ihm? — Warum kann sich freies Kalium in der Natur nicht finden? — Wann wird man einen Stoff als alkalisch bezeichnen? — Nenne früher kennen gelernte Stoffe von alkalischer Wirkung. — Zähle die genauer kennen gelernten Kaliumverbindungen auf. — Stelle einen Vergleich zwischen dem Chlorkalium und dem schwefelsauren Kalium an. — Vergleiche das Zeichen des schwefelsauren Kaliums mit dem der Schwefelsäure. — Durch was für einen Vorgang kann aus Schwefelsäure das schwefelsaure Kalium erhalten werden? — Berechne: wieviel % K_2O sind im (reinen) schwefelsauren Kalium vorhanden?

§ 43.

Das Natrium (Na).

1. Die Eigenschaften des Natriums s. § 7.

2. Das Natrium findet sich ebenso wenig wie Kalium frei in der Natur vor, hat aber in seinen Verbindungen, deren wichtigste das Kochsalz ist, noch weiter gehende Verbreitung als dieses. Trotz seines Vorkommens in den Pflanzen ist es jedoch für ihre Enährung nicht notwendig, da man sie auch ohne Natriumverbindungen zur vollen Entwickelung gebracht hat. — Das **Natriumoxyd** (Natron), Na_2O, verbindet sich mit Wasser zu der Natriumbase.

$$Na_2O + H_2O = 2NaHO.$$

3. Die **Natriumbase** (Ätznatron, Natriumhydroxyd, Seifenstein), NaHO, ist in reinem Zustande ein weißer Körper, der an der Luft leicht feucht wird, sehr ätzend wirkt und rotes Lackmuspapier stark bläut. Die Lösung im Wasser heißt Natriumlauge (Natronlauge). Kocht man

sie mit Fett zusammen (Versuch!), so vereinigt sie sich mit ihm und bildet Seife.

4. Das **Kochsalz** oder Chlornatrium, NaCl, ist ein farbloser, in Würfelform krystallisierter Körper, in Wasser leicht löslich (§ 14, 3). Reines Kochsalz wird an der Luft nicht feucht. Es ist ein regelmäßiger und notwendiger Bestandteil des Blutes, und die einzige unorganische Verbindung, die als solche von dem Tierkörper aufgenommen werden muß. — Man verwendet es als Zusatz zu Speisen, als Viehsalz, zum Einpökeln von Fleisch, zum Salzen der Butter, die dadurch haltbarer wird, zur Herstellung von Salzsäure, Chlor und von verschiedenen Natriumverbindungen. — Das Viehsalz ist mit Eisenrost absichtlich verunreinigt, damit es nicht als menschliches Genußmittel gebraucht werde. Als solches unterliegt es nämlich der Besteuerung.

Das Kochsalz ist in der Natur ungemein weit verbreitet. Man gewinnt es: 1. als Steinsalz in den Salzbergwerken, 2. als Solsalz aus den Salzsolen oder Salinen, 3. als Seesaz aus dem Meerwasser.

Ein landwirtschaftlich wichtiges Steinsalzlager ist das zu Staßfurt bei Magdeburg (§ 42, 4 und 5). Andre finden sich zu Sperenberg bei Berlin, Segeberg in Holstein, Inowrazlaw in Posen, Wieliczka und Kalusz in Galizien; reich daran sind die Salzburger Alpen (Reichenhall, Berchtesgaden, Hallein). — Salinen finden sich vereinzelt in der norddeutschen Tiefebene, in größerer Zahl dagegen in Thüringen, Württemberg, Baden. — Ein Salzsee ist das tote Meer in Palästina. — Das Nordseewasser enthält $2\frac{1}{2}\,\%$ Kochsalz und $1\,\%$ andre Salze. Das Ostseewasser besitzt nur geringen Salzgehalt.

Das Kochsalz der Steinsalzbergwerke braucht man gewöhnlich nur herauszuschaffen und zu zerkleinern. Doch verfährt man, wenn das Lager sehr tief liegt oder das Salz mit Thon verunreinigt ist, häufig in der Weise, daß man durch ein Bohrloch Wasser hinabläßt und nach einiger Zeit als gesättigte Lösung wieder heraufbefördert, aus der das Salz durch Abdampfen erhalten wird.

Das Seesalz gewinnt man auf zwei Arten: in südlichen Ländern durch die Sonnenwärme, indem man das Wasser zur Flutzeit in Teiche leitet, die dann abgesperrt werden; in den nördlichen gewinnt man es im Winter. Wenn Salzwasser gefriert, so geht nämlich das Salz nicht in Eis über, sondern bleibt in dem Reste nicht gefrierenden Wassers, das nun mit wenigem Brennstoffe eingedampft werden kann (Physik § 46, 1). Die meisten natürlichen Salzsolen müssen erst durch Verdunstung gesättigter gemacht werden, bevor man sie billig eindampfen kann. Die Verdunstung erfolgt in den Gradierhäusern, die 3 m breite, 10 m hohe und 100—200 m lange, mit Reisern gefüllte Gerüste sind. Durch die Reiser muß die Sole langsam tropfen und setzt an ihnen den, hauptsächlich aus Gips bestehenden, Dornstein ab. Der Rückstand, der sich bei dem Eindampfen ergiebt, heißt die Mutterlauge (Salzbützig). Da sie Chlorkalium und schwefelsaures Kalium enthält (Mutterlaugensalze), so dient sie als Düngemittel.

5. Das **kohlensaure Natrium***) oder die **Soda** (Na_2CO_3) findet sich im Wasser mancher Steppenseen und zuweilen als Auswitterung an alten Mauern. Die meiste Soda wird in Fabriken aus dem Kochsalze hergestellt. Sie bildet große, durchsichtige Krystalle, die an der Luft undurchsichtig werden und zu einem weißen Pulver zerfallen. Anwendung: in den Seifen- und Tuchfabriken, den Glashütten, zum Waschen, Scheuern u. s. w.

6. Der **Natriumsalpeter** ($NaNO_3$) und das Natriumwasserglas (Na_2SiO_3) s. § 19, 2 und § 38, 3.

7. Das **schwefelsaure Natrium** oder **Glaubersalz** (Na_2SO_4) ist ein Bestandteil mancher Quellwasser (Mineralquellen). Bei der Sodafabrikation gewinnt man es in großen Mengen. Es bildet lange, nadel- oder säulenförmige Krystalle, die wie Soda

---

*) Die Natriumverbindungen werden auch Natronverbindungen genannt.

an der Luft zerfallen, schmeckt kühlend bitter, löst sich in Wasser sehr leicht und dient in der Tierheilkunde als Abführmittel.

Stelle die kennengelernten Verbindungen des Natriums nach Namen und Zeichen zusammen. — Berichte über das Vorkommen und die Gewinnung des Kochsalzes in dem Lande, dem du angehörst. — Desgleichen über seine Anwendung. — Warum ist es vorteilhaft, dem Vieh Kochsalz darzubieten? — Wie viel Kochsalz löst sich in 100 g Wasser bei gewöhnlicher Temperatur? — Wie bereitet man Seife? — Wie verhält sich die Natriumlauge gegen Kohlensäuregas? (§ 24, 2 e). — Welche Natrium- und welche Kaliumverbindungen haben ähnliche Zusammensetzung? — In welcher Beziehung steht das Natrium zur Pflanze? — Wie vielwertig ist das Natriumatom?

§ 44.

Das Calcium (Ca).

1. Das Calcium ist ein messinggelbes, dem Kalium und Natrium sehr ähnliches Metall, gleich diesen beiden durch starke Verwandtschaft zum Sauerstoffe, ausgezeichnet, aber schwerer als Wasser. Man bezeichnet es als ein **Erdalkalimetall**, Kalium und Natrium hingegen als **Alkalimetalle**.

Die wichtigsten unorganischen Verbindungen, in denen sich das Calcium findet, sind der kohlensaure, der schwefelsaure und der phosphorsaure Kalk.*)

Organische Calciumverbindungen sind in allen Teilen der Pflanze und des Tieres vorhanden. Die unorganischen werden in allen Bodenarten, selbst dem daran sehr armen Moorboden in einer für die Ernährung der meisten Pflanzen ausreichenden Menge angetroffen. Dennoch sind Düngungen mit gewissen Calciumverbindungen wegen ihrer günstigen physikalischen und chemischen Wirkungen auf den Boden angebracht. (§ 30). — Das Calciumatom ist zweiwertig.

2. Der **kohlensaure Kalk** (das kohlensaure Calcium, $CaCO_3$) ist ein geschmackloser, in reinem Wasser unlöslicher Stoff. Vorkommen: 1) als Kalkspat (Doppelspat) krystallisiert, 2) als Marmor, aus sehr kleinen Krystallen zusammengefügt, 3) als dichter Kalkstein (Muschelkalk, versteinerte Muscheln enthaltend), aus dem die meisten Kalkgebirge (Juragebirge u. s. w.) bestehen, 4) als erdiger Kalk oder Kreide (Lägerdorf in Holstein, Stubbenkammer auf Rügen und an zahlreichen andren Orten). — Kohlensaurer Kalk findet sich in wechselnder Menge in den meisten Ackerböden. Er ist der wichtigste Bestandteil des Mergels. — Die Schalen der Muscheln, der Eier, die Korallen bestehen neben organischen Verbindungen hauptsächlich aus kohlensaurem Kalke.

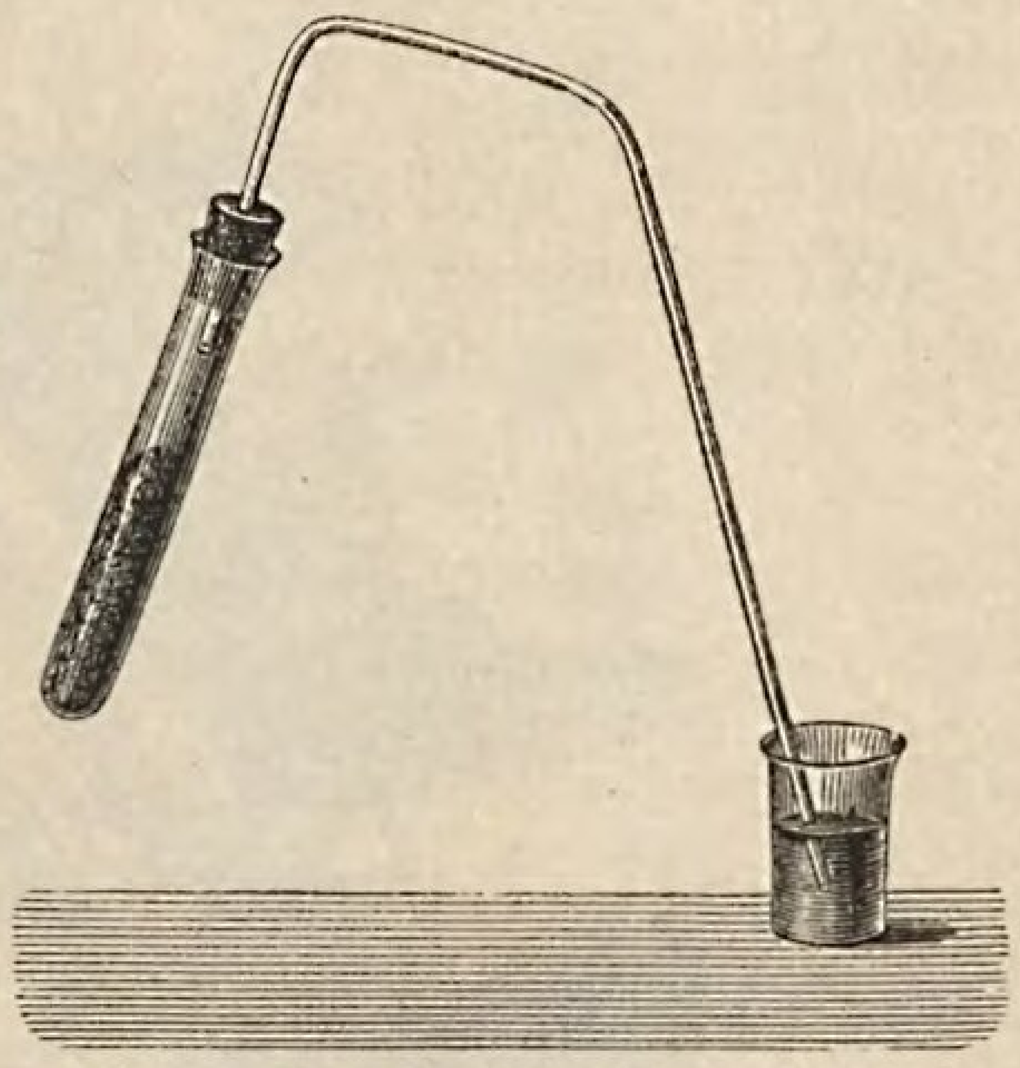


Fig. 12. Nachweis, daß beim Übergießen von kohlensaurem Kalke mit Salzsäure Kohlensäuregas entweicht. Das Becherglas enthält Kalkwasser.

3. **Versuch.** Übergießt man kohlensauren Kalk mit Salzsäure oder Salpetersäure, so entweicht Kohlensäuregas (woran zu erkennen?) unter Aufbrausen, während der Kalk sich auflöst (Fig. 12).

---

*) Die Calciumverbindungen werden gewöhnlich als Kalkverbindungen bezeichnet.

Erkennungsmittel für den kohlensauren Kalk. — Mittel zur bequemen Herstellung großer Mengen von Kohlensäuregas.

4. **Versuch.** Macht man eine Kreidenspitze in der Lötrohrflamme glühend und befeuchtet sie nach dem Erkalten mit wenigem Wasser, so zerfällt sie unter Aufzischen und färbt rotes Lackmuspapier rasch und stark blau. Es ist hier eine Zerlegung des kohlensauren Kalkes in Calciumoxyd und Kohlensäuregas eingetreten:

$$CaO + H_2O = CaH_2O_2.$$

Welche Verbindungen stellt man aus kohlensaurem Kalke her? — Den dichten Kalk benutzt man als Baustein, desgleichen den Marmor, dessen edlere Abarten von den Bildhauern geschätzt werden. Kreide dient als Schreibmittel, zur Cementbereitung und Düngung. An der Nordseeküste stellt man aus den Muschelschalen gebrannten Kalk her.

5. Der **gebrannte Kalk** oder das **Calciumoxyd** (CaO), auch schlechthin als Kalk bezeichnet, ist ein fester, harter Stoff, der im großen durch anhaltendes Glühen (Brennen) des kohlensauren Kalkes in den Kalköfen erzeugt wird. Mit Wasser vereinigt er sich zu gelöschtem Kalk oder der Calciumbase:

$$CaO + H_2O = CaH_2O_2.$$

Die Vereinigung erfolgt unter so starker Wärmebildung, daß überschüssiges Wasser siedend wird (Versuch!).

Zum **Brennen des Kalkes** benutzt man im kleineren Betriebe die Öfen mit unterbrochenem (periodischem) Brande, die gewöhnlich zu mehreren, Wand an Wand, womöglich in einen Hügelabhang hineingebaut werden. (Fig. 13). Auf der

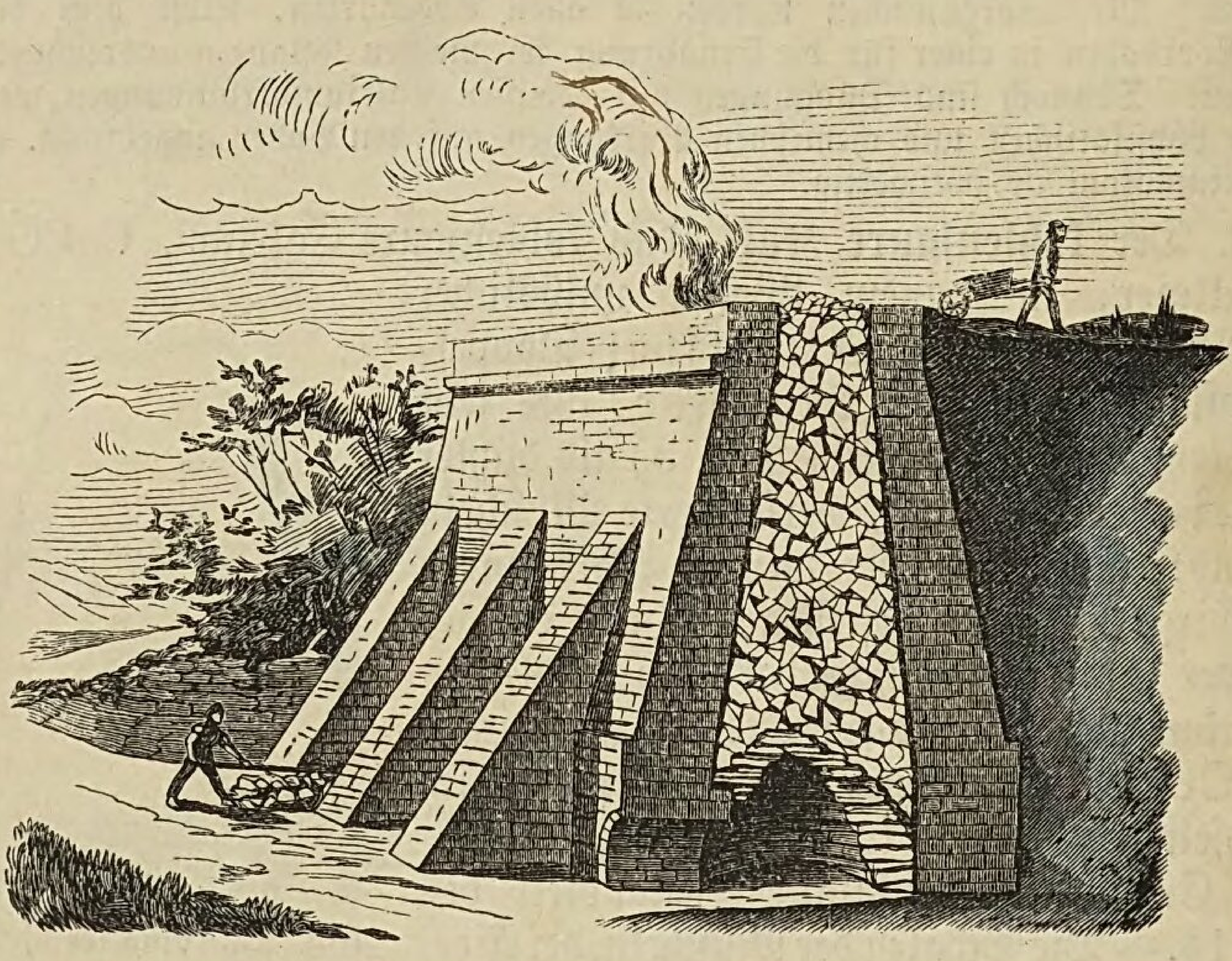


Fig. 13. Kalköfen mit unterbrochenem Brande. Der mittlere brennt, aus dem hinteren wird der fertige Kalk gezogen, der vordere ist eben mit kohlensaurem Kalke beschickt worden.

Ofensohle baut man aus größeren Kalksteinen ein Gewölbe, das zur Aufnahme des Feuers dient. Die kleineren Kalksteine werden von oben her aufgeschüttet. Man beginnt mit schwachem Feuer (Räucherung), das allmählich verstärkt wird. Nach dem Erkalten des fertig gebrannten Kalkes zieht man ihn durch die Feueröffnung heraus. — In größerem Betriebe verwendet man Öfen mit ununterbrochenem (kontinuier-

lichem) Brande, z. B. die Ringöfen, die ein gleichmäßigeres Garbrennen und eine Ersparnis an Brennstoff ermöglichen.

6. Der **gelöschte Kalk** oder die **Calciumbase** (CaH_2O_2) hat stark ätzende Eigenschaften (Ätzkalk) und macht die Oberhaut weich und locker (Anwendung in den Gerbereien). Er löst sich nur sehr schwer in Wasser. Die klare Lösung heißt Kalkwasser. Sie hat einen sehr schwachen laugenhaften Geschmack, bläut aber das rote Lackmuspapier stark. (Nachweismittel für Kohlensäure § 24, 2.) Löscht man den gebrannten Kalk mit wenigem Wasser, so ergiebt sich ein feines, trockenes Pulver. Solches Pulver entsteht auch, wenn man gebrannten Kalk im Freien dem Regen und Tau aussetzt. In diesem Zustande wendet man den gelöschten Kalk als Düngemittel an. Mit etwas mehr Wasser bildet er einen zähen Brei, der mit Sand vermischt als Mörtel dient. Einen sehr dünnen Kalkbrei nennt man Kalkmilch. Sie dient z. B. zum Tünchen der Wände, zum Bestreichen der Obstbäume, die dadurch von Moos und von der in den Rindenspalten verborgenen Brut des Ungeziefers befreit werden.

7. Der **schwefelsaure Kalk** (das schwefelsaure Calcium, $CaSO_4$) wird besonders häufig als Gips angetroffen. Der Gips besteht aus schwefelsaurem Kalk und Wasser. ($CaSO_4 + 2H_2O$.) Er ist ein mäßig harter Stoff, der sich in Wasser schwer auflöst (1 Teil in 400 Teilen Wasser). Meistenteils findet er sich als körnig-krystallinischer Stoff von weißer oder grauer Farbe in Begleitung von Steinsalz (Lüneburg, Segeberg, Sperenberg). Krystallisierter Gips (Marienglas) ist farblos und durchsichtig. Erwärmt man etwas Gips in einem trockenen Probierglase, so entweicht das Wasser aus ihm, und man erhält den wasserfreien oder gebrannten Gips. Wird dieser mit Wasser vermischt, so vereinigt er sich wieder damit, wobei der weiche Brei steinhart wird. Daher verwendet man ihn, um Abdrücke von Münzen oder Figuren (Versuch!) herzustellen, ferner zu Verbänden bei Knochenbrüchen, zum Eingipsen von Thürhaspen und dergl. Ungebrannter, gemahlener Gips findet häufig zum Überstreuen des Stalldüngers Anwendung (§ 16, 4). Seltener benützt man ihn selbst als Düngemittel.

8. Der **phosphorsaure Kalk** (dreibasisches Calciumphosphat, $Ca_3P_2O_8$) ist der wesentliche Bestandteil der in § 36, 2 genannten Phosphate. Er ist im reinen Zustande ein weißes, geschmack- und geruchloses Pulver, das sich in reinem Wasser nicht, dagegen ein wenig in solchem Wasser löst, worin Kohlensäure, schwefelsaures Ammoniak, Kochsalz oder Salpeter enthalten ist. Beim Aufschließen der Phosphate mit Schwefelsäure verwandelt sich die Verbindung $Ca_3P_2O_8$ in leicht lösliches, als einbasisches Calciumphosphat bezeichnetes Salz, das den Hauptbestandteil des Superphosphates bildet.

Eine Verbindung wird aufgeschlossen, heißt: sie wird durch chemische Vorgänge aus einer unlöslichen in eine leicht lösliche verwandelt.

Welche Eigenschaften teilt das Calcium mit Kalium und Natrium? — In welchen unterscheidet es sich von ihnen? — Zähle die kennen gelernten Calciumverbindungen nach Namen und Zeichen auf. — Woran erkennt man kohlensauren Kalk? — Wie stellt

man gebrannten Kalk her? — Welche Umwandlung erleidet er beim Löschen? — Woran erkennt man, daß beim Löschen ein chemischer Vorgang stattfindet? — Zu welcher Art der chemischen Vorgänge gehört dieser? — Wozu benützt man gelöschten Kalk? — Welche Eigenschaft verleiht dem Gips die ausgedehnteste Verwendung? — Zähle die Calciumverbindungen auf, die als Düngemittel Anwendung finden.

§ 45.

Das Magnesium (Mg).

1. Das Magnesium ist ein weißes, biegsames Metall, das sich an der Luft wenig verändert. Erhitzt man es aber, so verbrennt es mit blendend weißem Lichte, indem Magnesiumoxyd entsteht:

$$Mg + O = MgO.$$

Das Magnesiummetall verwendet man zu Erzeugung sehr starken Lichtes. In der Natur ist es niemals frei, sondern stets in Verbindungen enthalten, deren wichtigste das kohlensaure, schwefelsaure, kieselsaure und das Chlormagnesium sind.

Magnesiumverbindungen sind in allen Bodenarten in einer für die Pflanzen hinreichenden Menge vorhanden. — Das Magnesiumatom ist zweiwertig.

2. Das **kohlensaure Magnesium***) ($MgCO_3$) ist eine dem kohlensauren Kalke in Krystallform und Aussehen ähnliche Verbindung, die sich stets in seiner Gesellschaft findet (Dolomit). Beim Übergießen mit Salzsäure oder Salpetersäure braust es auf und löst sich in Magnesiumoxyd und Kohlensäuregas.

3. Das **Magnesiumoxyd,** MgO, (Magnesia, Bittererde, Talkerde) ist ein weißes, geschmack- und geruchloses, im Wasser unlösliches Pulver. Mit Wasser vereinigt es sich sehr langsam und ohne Temperaturerhöhung zu **Magnesiumbase** (Magnesiumhydroxyd) MgH_2O_2, das das rote Lackmuspapier langsam blau färbt und keinen deutlichen Geschmack hat. Es besitzt keine klebende Wirkung wie gelöschter Kalk.

4. Das **schwefelsaure Magnesium** ($MgSO_4$) oder **Bittersalz,** ein Bestandteil des Meerwassers, Bitterwassers und Kainites. Es ist ein krystallisiertes, leicht lösliches, bitter schmeckendes Salz. Wegen seiner abführenden Wirkung findet es in der Heilkunde Anwendung.

5. Das **Chlormagnesium** ($MgCl_2$) ist ein Bestandteil des Karnallites und des Kainites, des Meer- und Bitterwassers. Es schmeckt sehr bitter und zerfließt bald an der Luft. Es unterscheidet sich vom Bittersalze besonders durch seine viel größere Löslichkeit, durch die es bei der Düngung mit Karnallit oder mit rohem, Chlormagnesium enthaltendem Kainit den Pflanzen, besonders den Wurzelgewächsen, nachteilig wird. Vergl. Pflanzenkunde § 22, 7 III.

6. **Kieselsaures Magnesium** ist ein Bestandteil sehr vieler Mineralien und Gesteine und fehlt daher auch niemals im Ackerboden. Eins der bekanntesten, aus reinem kieselsaurem Magnesium bestehenden Mineralien ist der zu Cigarrenspitzen u. drgl. verwendete Meerschaum, dessen Hauptmenge aus Kleinasien bezogen wird. — Auch der

*) Die Magnesiumverbindungen werden auch als Verbindungen der Magnesia, Bittererde oder Talkerde bezeichnet.

Talk (Talcum) ist eine Verbindung von Kieselsäure und Magnesium; darum nennt man es auch das Talkerdemetall und sein Oxyd (MgO) die Talkerde.

Zähle die kennengelernten Magnesiumverbindungen nach Namen und Zeichen auf. — Stelle einer jeden von ihnen die ähnlich zusammengesetzte des Calciums gegenüber. — Vergleiche kohlensauren Kalk und kohlensaures Magnesium nach ihrer Form, ihrem Vorkommen, ihrem Verhalten gegen Säuren und hohe Temperaturen. — Wie unterscheiden sich Gips und Bittersalz in ihrer Löslichkeit? — Warum läßt sich im Mergel das Vorhandensein von kohlensaurem Magnesium vermuten? — Nenne magnesiumhaltige Düngemittel. — Warum wird gebrannter Kalk für die Mörtelbereitung um so weniger brauchbar, je mehr Magnesiumoxyd er enthält? (Die Verwendung des Kalkes als Dünger wird dadurch nicht beeinträchtigt).

§ 46.*

Das Staßfurter Salzlager.

1. Das Meerwasser (§ 14, 5 und § 43, 4) enthält hauptsächlich Kochsalz, außerdem Chlormagnesium, Chlorkalium, schwefelsaures Magnesium, schwefelsaures Kalium und schwefelsaures Calcium (nebst geringen Mengen andrer Salze) gelöst. Sein bitterer Geschack rührt von den Magnesiumverbindungen her.

2. Beim Austrocknen eines abgeschlossenen Meeresbeckens müssen diese Salze zurückbleiben. Auf solche Weise ist das Salzlager zu Staßfurt vor Jahrtausenden unzweifelhaft entstanden. Ein Beweis dafür ist der Umstand, daß wir in ihm alle genannten Bestandteile des Meerwassers finden.

3. Das Staßfurter Lager (Zeichnung an der Wandtafel!), das von Thon, Sandstein und andren Gesteinen (ca. 260 m stark) überdeckt ist, läßt zwei Stockwerke erkennen. Das unterste besteht aus Schichten von Steinsalz und (wasserfreiem) Gips, das oberste aus einer Reihe von Salzen des Kaliums und Magnesiums, deren bemerkenswerteste der schon mehrfach erwähnte Karnallit und der Kainit sind. Die Gesamtmächtigkeit des Lagers schätzt man auf mindestens 400 m.

Da man das oberste Stockwerk forträumen mußte, bevor man zu dem darunter liegenden Steinsalze gelangen konnte, nannte man die hier befindlichen Salze die Abraumsalze. Nachdem aber der Wert der Abraumsalze für die Landwirtschaft als Kalidünger erkannt war, hat man allein ihretwegen mehrere Bergwerke angelegt und schenkt dem Steinsalze erst in zweiter Linie Beachtung.

4. Der **Karnallit** besteht in ganz reinem Zustande aus Chlorkalium, Chlormagnesium und Wasser ($KCl + MgCl_2 + 6H_2O$). Er ist ein schwach rötliches, leicht lösliches Doppelsalz. Im unreinen Zustande, wie er aus dem Bergwerke herausgefördert wird, enthält er noch etwa 33 % Kochsalz und verschiedene andre Beimengungen. Durch wiederholtes Auflösen und Krystallisieren läßt er sich von deren größtem Teile und von dem Chlormagnesium trennen, so daß man nahezu reines Chlorkalium erhält. Konzentrierte Kalidünger.

5. Der **Kainit** besteht wesentlich aus schwefelsaurem Kalium,

schwefelsaurem Magnesium, Chlormagnesium und Wasser ($K_2SO_4 + MgSO_4 + MgCl_2 + 6H_2O$). Er ist ein fast weißes Doppelsalz und enthält als roher Kainit noch etwa 31 % Kochsalz und andre Beimengungen.

Ein andres, erst neuerdings aufgefundenes und als Düngemittel verwendetes Abraumsalz ist der **Sylvinit**, der 34 % Chlorkalium und 65 % Kochsalz enthielt.

6. Alle Salzlager haben eine gleiche Entstehungsweise wie das Staßfurter, aber nur bei sehr wenigen sind die Abraumsalze erhalten geblieben, z. B. noch bei dem von Kalusz in Galizien, wo sie vorwiegend aus Kainit bestehen. Bei den meisten sind sie wegen ihrer leichten Löslichkeit fortgeschwemmt worden, so daß nur Steinsalz und Gips erhalten geblieben sind.

Welche Stoffe finden sich im Meerwasser? — Beschreibe das Staßfurter Salzlager. — Warum haben Kainit und Karnallit für den Landmann Bedeutung? — Wie erklärt es sich, daß Gips der beständige Begleiter des Steinsalzes ist? (§ 43, 4 und § 44, 7). — Berechne: wieviel % schwefelsaures Kalium enthält a) der chemisch reine Kainit? b) der rohe? — Berechne: wieviel % Chlorkalium enthält a) der chemisch reine Karnallit? b) der rohe?

§ 47.

Das Aluminium (Al).

1. Das Aluminium ist kein Bestandteil des Tier- oder Pflanzenkörpers; allein seine Verbindungen bilden einen wichtigen Bestandteil des Ackerbodens, weswegen wir uns mit ihm bekannt machen müssen.

2. Es kommt in der Natur niemals frei vor. Seine am weitesten verbreiteten Verbindungen sind der Thon und der Alaun. Außerdem findet es sich in zahlreichen Mineralien z. B. in dem Feldspate und dem Glimmer (§ 42, 1). Es ist ein silberweißes, glänzendes, an der Luft wenig veränderliches Metall, das wegen seiner Dauerhaftigkeit und Leichtigkeit geschätzt ist. Erst in neuester Zeit hat man gelernt, es in größerer Menge und minder kostspielig herzustellen.

In den Aluminiumverbindungen treten stets zwei Atome als sechswertiges Doppelatom auf.

3. Das **Aluminiumoxyd** (Al_2O_3). Wenn man dünne Streifen Aluminium (Blattaluminium) stark erhitzt, so verbrennen sie und man erhält das Aluminiumoxyd:

$$Al_2 + 3O = Al_2O_3.$$

Das Aluminiumoxyd wird auch als Thonerde bezeichnet und darnach das Aluminium als das Thonerdemetall (Thonerde und Thon nicht miteinander zu verwechseln!). Es ist ein weißes, geschmack- und geruchloses Pulver, das sich weder in Wasser löst, noch mit ihm verbindet. Beim Glühen schmilzt es zu einer ungemein harten Masse. In diesem Zustande findet es sich rein und krystallisiert als kostbarer Edelstein (Korund, Saphir, Rubin) oder im unreinen Zustande als Schmirgel (Poliermittel.) — Mit dem Oxyde welches Nichtmetalls zeigt das Aluminiumoxyd Aehnlichkeit? — Worin spricht sich diese Ähnlichkeit aus?

4. Der **Thon** ist ein Gemenge von kieselsaurem Aluminium und Aluminiumbase. Er haftet an der Zunge und läßt einen eigentümlichen (Erd-) Geruch wahrnehmen, wenn er befeuchtet wird; in Wasser löst er sich nicht. Trockener Thon wird beim Benetzen weich, formbar und zäh. Beim Trocknen zieht er sich zusammen und wird dabei um so härter, je stärker man ihn im feuchten Zustande gepreßt hatte. Beim

Glühen wird er steinhart und verliert die Fähigkeit im Wasser zu erweichen. — Der **Mergel** (Thonmergel) ist wesentlich ein Gemenge von Thon mit kohlensaurem Kalke (§ 44, 2).

Ganz reiner Thon (Porzellanthon, Kaolin) ist weiß, unschmelzbar, dient zur Herstellung des Porzellans und feuerfester Steine (Chamottesteine). Der unreine Thon ist blau, rötlich oder gelblich gefärbt, in großer Hitze schmelzbar und dient zur Herstellung von Töpfergeschirr (Töpferthon) und von Ziegelsteinen.

Der Thon ist ein Gemengteil aller schweren, bindigen Bodenarten, wie des Thon-, Lehm- und Mergelbodens. Er übt eine bedeutende Flächenanziehung aus, hält daher das Wasser sehr fest, trocknet langsam, hält aber auch mit großer Kraft die Düngestoffe aus einer Lösung zurück und saugt Gase, wie das Ammoniak, aus der Luft auf (großes Absorptionsvermögen) vergl. Physik § 4, 3—6. Aus demselben Grunde setzt der Thon der Zerteilung durch die Ackergeräte großen Widerstand entgegen und haftet an ihnen stark. Wird er vor hinreichendem Abtrocknen beackert, so werden die Schollen infolge des Drucks, den der Pflug auf sie ausübte, ebenso wie der Teil des Bodens, auf dem die Pflugsohle entlang schleifte, beim Trocknen sehr hart. Zu trocken geworden ist er wegen der großen Härte gleichfalls schwer zu bearbeiten.

Thonschichten sind für Wasser in hohem Maße undurchlässig, deshalb sammelt es sich stets oberhalb einer solchen Schicht an. Wassergallen. Quellenbildung. Artesische Brunnen. Physik § 25, 3.

Man rühre Thonboden in einem flachen Gefäße mit Wasser auf. Es sinken erst gröbere, dann feinere Sandteile zu Boden. Der specifisch leichte Thon setzt sich zuletzt ab und bildet auf dem übrigen Absatz eine dichte Schicht, die nach dem Verdunsten des Wassers den Sauerstoff der Luft von den unteren Schichten abschließt. Verkrustung. Verschlemmung. Nimmt man statt reinen Wassers eine Lösung von Kochsalz oder Salpeter, so wird die Thondecke besonders dicht und undurchlässig. Wirkung von Einbrüchen des Meeres nnd von wiederholter einseitiger Salpeterdüngung auf schwerem Boden. Ein Zusatz von kohlensaurem Kalke (Schlemmkreide) macht den Thonabsatz locker. Kalkdüngung oder Mergelung vermindert daher die Gefahr der Verkrustung und Verschlemmung.

Ein Gemenge von Thon und Kalk, das bis zum Schmelzen erhitzt und dann fein zerpulvert worden ist, heißt **Cement.** Es liefert mit Wasser (und Sand) wie der gelöschte Kalk einen Mörtel, der aber die Fähigkeit hat, im Wasser hart zu werden. Daher heißt er auch Wassermörtel (hydraulicher Mörtel). Der gewöhnliche gelöschte Kalk wird nur in der Luft hart, wogegen er im Wasser weich bleibt und endlich aufgelöst wird.

5. Der **Kalifeldspat** (Orthoklas) ist eine Verbindung von kieselsaurem Aluminium und kieselsaurem Kalium (§ 42, 6). Als Gemengteil des Granites ist er meist rötlich oder weiß gefärbt, stets krystallisiert. — Man unterscheidet noch Natronfeldspat (Albit) und Kalknatronfeldspate (Plagioklase), die Natrium oder Calcium und Natrium statt des Kaliums enthalten.

6. **Glimmer** nennt man stark glänzende, weiche, krystallisierte, in dünne Blättchen spaltbare Mineralien. Sie erscheinen als Gemengteil vieler Gesteine und ihrer Verwitterungserzeugnisse, wie des Sandes und Thones. Landwirtschaftlich wichtig sind die Kaliglimmer, die wesentlich aus kieselsaurem Aluminium und kieselsaurem Kalium bestehen. Bei der Verwitterung wird ihr Kali löslich und den Pflanzenwurzeln zugängig.

7. Der **Alaun** besteht aus schwefelsaurem Aluminium und schwefelsaurem Kalium (oder schwefelsaurem Amoniak). Er bildet große wasserklare Krystalle, die einen süßlich-herben, zusammenziehenden Geschmack besitzen. Anwendung: in der Weißgerberei, der Färberei, der Heilkunde.

8. Die **Aluminiumbase** ($Al_2H_6O_6$) wird erhalten, wenn man zu einer Lösung von schwefelsaurem Aluminium ($Al_2(SO_4)_3$) Ammoniakwasser fügt. Sie ist eine weiße, gallertartige Masse, die sich auf einem Filter sammeln und auswaschen läßt und dann als geschmackloser, in Wasser unlöslicher, neutraler Stoff erscheint. Beim Glühen zerfällt die Aluminiumbase in Wasser und Aluminiumoxyd.

Welche Aluminiumverbindungen haben für den Landmann am meisten Wichtigkeit? — Wozu verwendet man den Thon? — Woran erkennt man den Mergel? — Warum lassen sich manche Mergel für die Cementfabrikation verwerten? — Wie stellt man Cement her? — Warum ist es unratsam, bei Wasserbauten Kalkmörtel zu gebrauchen? — Warum treten Quellen an der oberen Grenze einer Thonschicht zu Tage? — Bis zu welchen Erdschichten muß man bohren, um Brunnenwasser zu finden? — Warum ist ein Gehalt des Ackerbodens an Feldspat und Glimmer erwünscht? — Welcher Düngestoff läßt sich in den Rückständen der Alaunfabriken und Weißgerbereien erwarten?

Welche Nachteile hat die Bearbeitung zu nassen Thonbodens? — Warum gewinnt man in einem regenreichen Klima durch starke Entwässerung des schweren Bodens mehr Zeit für seine Bearbeitung? — Warum müssen die Saugdraine in diesem enger an einander gelegt werden als im leichten Boden? — Warum ist eine durch gründliche Bearbeitung erzeugte Lockerung des Thonbodens angezeigt? — In welcher Weise beeinflußt die Tiefkultur seinen Gehalt an Sauerstoff? — Inwiefern hat auf diesen auch eine Düngung mit lockerem, strohigem Miste Einfluß? — Wie erklärt sich die Verkrustung? — Welchen Einfluß hat auf sie die Salpeterdüngung? welchen die Kalkdüngung? — Warum ist es nötig, die Kruste durch Walzen, Eggen oder Hacken zu zerbrechen?

Anmerkung. Als **Mergel** im landwirtschaftlichen Sinne bezeichnet man ohne Rücksicht auf die geologische Benennung alle weichen Gesteine oder Erdarten, die wegen ihres Gehaltes an kohlensaurem Kalke als Dünger (zum Mergeln) benutzt werden können. Je nachdem in ihnen der Thon, der kohlensaure Kalk oder der Sand überwiegt, unterscheidet man Thon-, Kalk- und Sandmergel.

§ 48.

Das Eisen (Fe).

1. Das **Eisen** ist ein glänzendes, weißes, dehnbares, in der Weißglut weiches und schweißbares, aber sehr schwer schmelzbares Metall, das vom Magneten angezogen wird. Das angewendete Eisen enthält stets mehr oder weniger Kohlenstoff und erscheint daher grauweiß. Erhitzt man Eisen an der Luft, so bedeckt es sich mit einer spröden, beim Hämmern abspringenden Oxydschicht (§ 9. § 12, 2).

Das Eisen ist wegen seiner vielseitigen Verwendung als das wichtigste Metall zu betrachten. Es wird in der Natur nur sehr selten frei (gediegen) angetroffen (Meteoreisen). Seine Verbindungen werden in allen Bodenarten gefunden und verursachen deren bläuliche, gelbliche oder rötliche Farbe. Der auf Heiden entstehende Ortstein (vergl. landwirtschaftliche Pflanzenkunde Seite 135) besteht oft zum großen Teile aus Eisenverbindungen.

In lebenden Körpern wird Eisen nur in sehr geringer Menge angetroffen, ist aber nichtsdestoweniger unentbehrlich. Ohne Eisen vermag die Pflanze nicht zu ergrünen, im Tiere erzeugt es die rote Farbe der Blutkörperchen.

Das Eisen gewinnt man aus Erzen, deren wichtigste Magneteisen, Eisenglanz, Roteisenstein, Brauneisenstein, Spateisenstein sind. Oberschlesien, das Erzgebirge, der Harz, Thüringerwald, besonders Westfalen, sind in Deutschland reich an Eisenerzlagern; Österreich-Ungarn besitzt solche in Steiermark, Kärnten, im Banat.

2. **Versuch.** Man bringe rotes Eisenoxyd (Fe_2O_3) in eine Kugelröhre, leite darüber getrocknetes Wasserstoffgas und erhitze. Indem sich der Sauerstoff des Eisen-

oxyds mit dem Wasserstoffe verbindet, entstehen Eisen und Wasser. Das Wasser setzt sich an dem kälteren Röhrenteile ab.

$$\boxed{Fe_2}O_3 + 3\boxed{H_2} = 3H_2O + Fe_2.$$

Beim Herausschütten verbindet sich das Eisenpulver häufig wieder mit dem Sauerstoffe der Luft.

3. **Versuch.** In einem Stück Holzkohle mache man eine kleine Höhlung, bringe in sie Eisenoxydpulver (gemischt mit zerfallener Soda) und blase darauf mit einem Lötrohre den Kern einer Kerzenflamme. Nach einigen Minuten ist das Eisenoxyd durch die Einwirkung des Kohlenstoffs in metallisches Eisen verwandelt, was sich nach dem Zerdrücken der Masse durch einen Magneten nachweisen läßt. Wo ist der mit dem Eisen verbunden gewesene Sauerstoff geblieben?

4. Im großen gewinnt man das Eisen aus seinen sauerstoffhaltigen Erzen durch Glühen mit Kohle, wobei das freigewordene Metall durch Steigerung der Hitze schmilzt. Damit es sich mit dem Sauerstoffe der Luft nicht sofort wieder verbinde, fügt man zu dem Erze einen leicht schmelzenden Stoff, der über dem freigewordenen und geschmolzenen Eisen eine schützende Decke bildet, die die *Schlacke* heißt. Für den Vorgang dienen 10—15 m hohe *Hochöfen* (Fig. 14), deren innere Wand mit feuerfesten Steinen ausgekleidet ist. Man schüttet das vorher zerkleinerte und geglühte Erz, das mit Coaks und den schlackenbildenden Stoffen (Kalk, Quarz, Flußspat) gemengt ist, von oben her in den glühenden Ofen, während zur Unterhaltung des Feuers von unten her durch Dampfmaschinen Luft eingeblasen wird. Auf der muldenartig vertieften Herdsohle sammelt sich das ausgeschmolzene Eisen an.

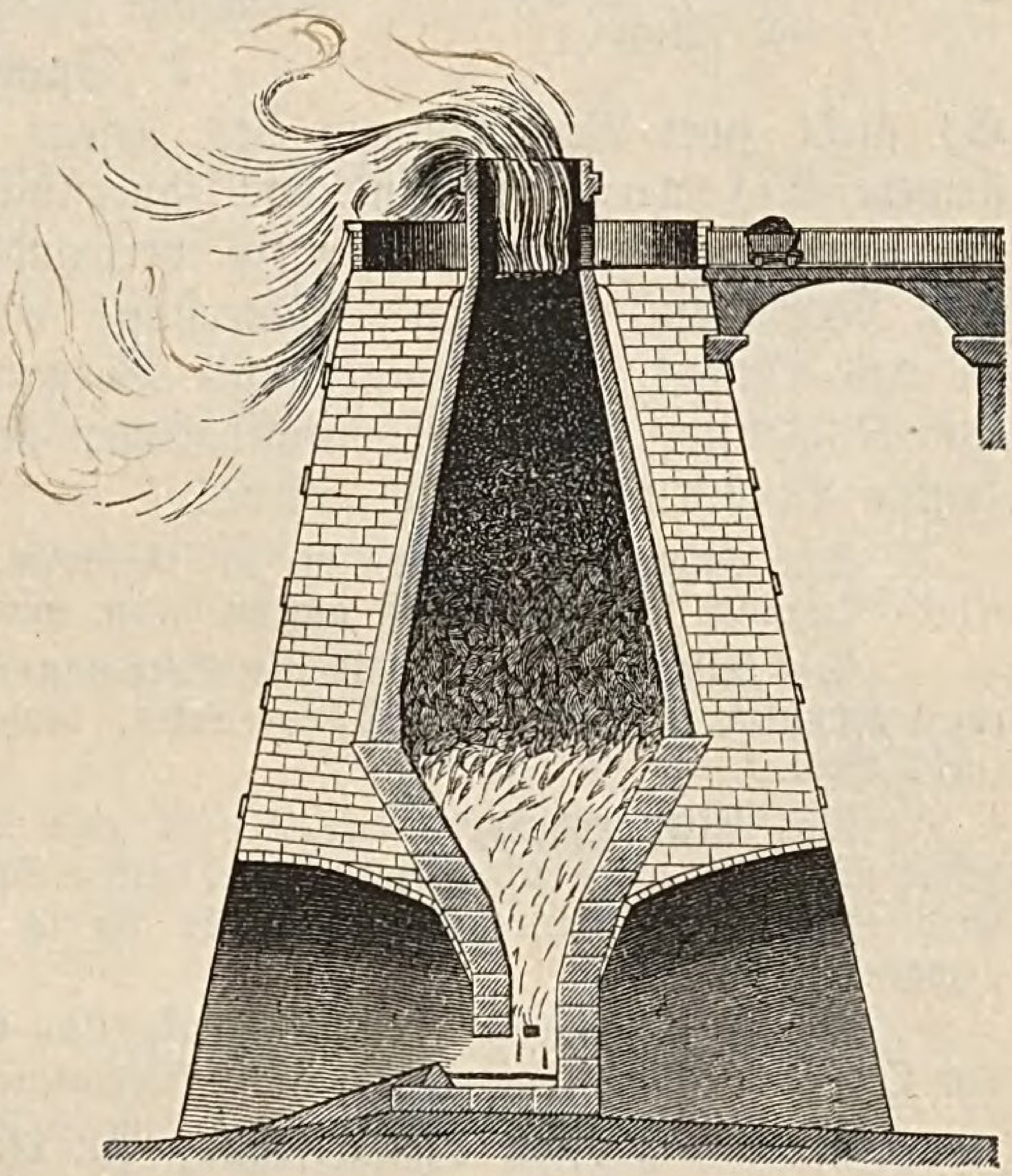


Fig. 14. Der Hochofen.

Das so gewonnene Metall ist aber keineswegs rein, sondern enthält 4—5 % Kohlenstoff neben geringen Mengen von Kiesel, Schwefel, Phosphor und einigen andren Elementen. Man nennt es *Roheisen*. Infolge seines Kohlenstoffgehaltes ist es ziemlich leicht schmelzbar, während chemisch reines Eisen ungemein schwer schmilzt. Das Roheisen heißt daher auch *Gußeisen* und dient zur Herstellung gußeiserner Gegenstände. Es ist krystallinisch, sehr hart, aber spröde und unelastisch.

5. Aus dem Roheisen stellt man das *Schmiedeisen* und den *Stahl* her. Zu dem Behufe muß es von den Beimengungen, namentlich von dem Schwefel und dem Phosphor gereinigt werden. Die Beimengungen verbrennen bei Luftzutritt viel leichter als das Eisen, und diesen Umstand benutzt man zu ihrer Entfernung.

6. Für die Herstellung des Stahles verwendet man gewöhnlich eine große birnenförmige Retorte aus feuerfestem Stoffe (Fig. 15). In diese wird das geschmolzene Roheisen eingelassen und mit einer kalkhaltigen Schlacke bedeckt. Dann wird durch den siebartig durchlöcherten Boden der Retorte Luft gepreßt, die durch das geschmolzene Eisen emporsteigt. Nach 10 Minuten sind alle Beimengungen, besonders der Phosphor, oxydiert und haben sich mit der Schlacke vereinigt. Sie wird nun abgegossen und findet nach dem Erkalten unter dem Namen **Thomasschlacke** als phosphorhaltiges Düngemittel Anwendung.

Das gereinigte Eisen enthält immer noch etwas Kohlenstoff. Durch dessen Menge unterscheiden sich Schmiedeisen und Stahl.

Schmiedeisen enthält bis zu $^1/_2$ % Kohlenstoff. Es ist weich, schweißbar, aber nur schwer schmelzbar.

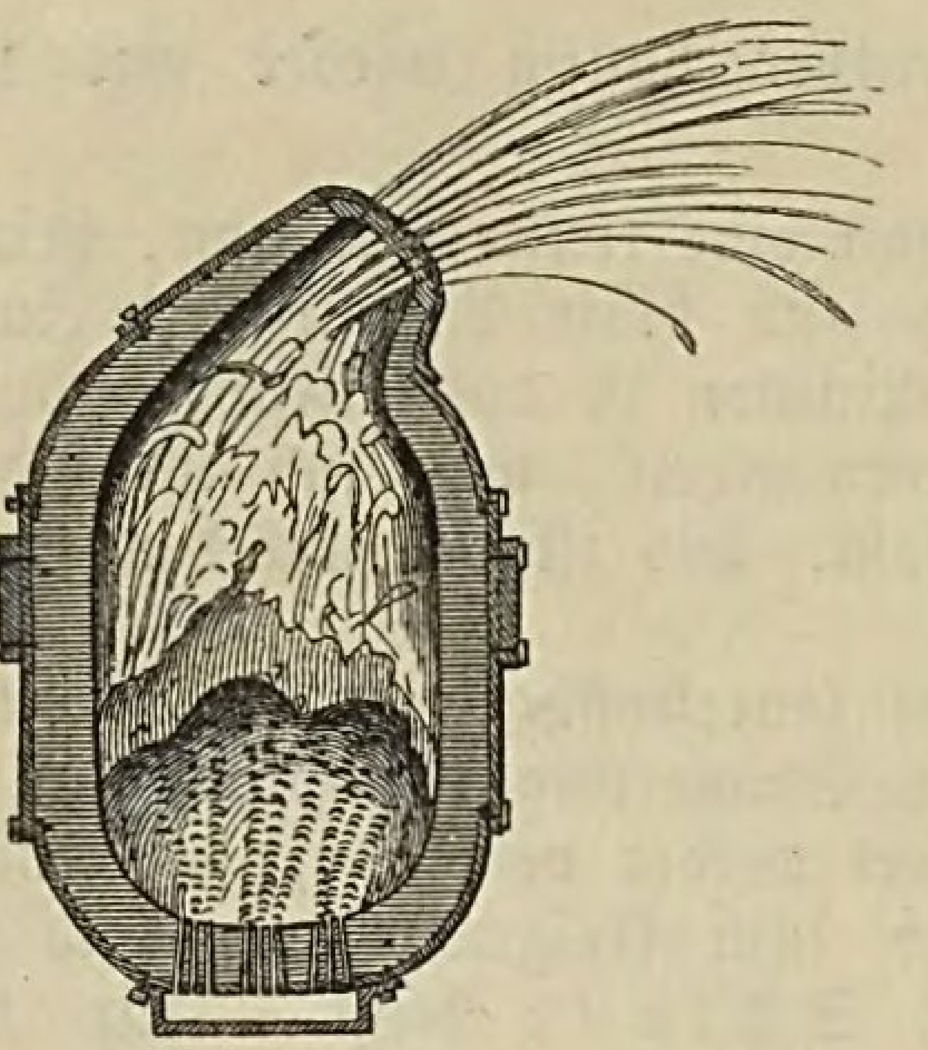


Fig. 15. Die Entphosphorung des Eisens.

Stahl enthält $^1/_2$—$1^1/_2$ % Kohlenstoff. Er ist hart, politurfähig und elastisch. Rotglühender Stahl wird durch langsames Abkühlen weicher, durch rasches Abkühlen dagegen sehr hart.

Zusatz. Aus der Thomasschlacke werden nach dem Erkalten die eisenreicheren Stücke ausgelesen, die übrigen auf Koller- und Mahlgängen zerkleinert und abgesiebt. Das ganz feine Mehl ist das **Thomasphosphatmehl** (Thomasschlackenmehl). Es enthält 11 bis 24 % Phosphorsäure, die an Calcium gebunden ist ($Ca_3P_2O_8$ und $Ca_3P_2O_8 + CaO$), daneben noch besonders viel freies Calciumoxyd, das bald die Feuchtigkeit der Luft anzieht und zu der Base wird. Wegen seiner Herkunft enthält das Phosphatmehl auch eine beträchtliche Menge von Eisenoxyden.

7. **Sauerstoffverbindungen des Eisens.** Es giebt zwei Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff, das sauerstoffärmere Eisenoxydul und das sauerstoffreichere Eisenoxyd. Gelangt zu dem Oxydul Sauerstoff, so verwandelt es sich in das Oxyd; wird dem Oxyde ein Teil des Sauerstoffs entzogen, so verwandelt es sich in das Oxydul. Der letztgenannte Vorgang wird bewirkt, wenn Eisenoxyd mit Kohlenstoff oder kohlenstoffhaltigen Körpern (z. B. mit Humus) in innige Berührung gebracht wird.

Das **Eisenoxydul** (FeO) ist ein schwarzes, unmagnetisches Pulver, das wegen seiner Neigung, noch Sauerstoff aufzunehmen, nur schwer erhalten werden kann.

Das **Eisenoxyd** (Fe_2O_3) ist als Eisenglanz und Roteisenstein ein wichtiges Eisenerz. Künstlich dargestellt ist es ein rotes, unmagnetisches Pulver, das als Malerfarbe dient.

Das **Eisenoxyduloxyd** (Fe_3O_4) ist eine Verbindung der beiden vorigen. Es bildet sich jedesmal, wenn Eisen an der Luft verbrennt (Hammerschlag). In der Natur wird es als Magneteisen gefunden. Es ist ein metallisch-grauer, vom Magneten angezogener Stoff.

In den Oxydulverbindungen erscheint das Eisen als zweiwertiges, einfaches, in den Oxydverbindungen als sechswertiges Doppelatom.

8. Das **Rosten des Eisens.** An trockener Luft bleibt Eisen unverändert. Nur bei Gegenwart von Wasser oxydiert es sich rasch und verwandelt sich in Rost. Hat sich dieser erst gebildet, so greift er rascher um sich, da er Wasserdampf aus der Luft anzieht. Man schützt das Eisen vor dem Rosten, indem man es mit einem die Feuchtigkeit abhaltenden Überzuge versieht (Fett, Ölfarbe, Teer), es verzinkt, verzinnt, vernickelt, verkupfert oder trocken aufbewahrt. Ackergerät vorher von Erde zu befreien.

9. **Versuch.** Man übergieße Eisenfeilspäne mit verdünnter Schwefelsäure. Unter Aufbrausen entweicht Wasserstoff (wie zu erkennen?), während das Eisen sich auflöst. Läßt man die erhaltene Flüssigkeit in einer flachen Schale langsam verdunsten, so scheiden sich aus ihr blaßgrüne Krystalle von schwefelsaurem Eisenoxydul ab (vergl. § 7, 3).

$$\boxed{H_2}SO_4 + \boxed{Fe} = FeSO_4 + H_2.$$

Salzsäure und andre unorganische, sowie die in den Speisen und Futtermitteln enthaltenen organischen Säuren lösen das Eisen ebenfalls. Daher werden eiserne Kochgeschirre auf der Innenseite mit einer Glasur oder einem Zinnüberzuge versehen.

10. Das **schwefelsaure Eisenoxydul** (Eisenvitriol $FeSO_4$) ist ein blaßgrünes, krystallisiertes, leicht lösliches Salz, das unangenehm metallisch schmeckt (wie alle löslichen Eisenverbindungen). Es dient zur Bereitung der Tinte, hin und wieder auch zum Festmachen des Ammoniaks im Dünger (§ 16, 4). In Berührung mit Luft verwandelt es sich in schwefelsaures Eisenoxyd.

11. Die **Eisenbasen.** Übergießt man eine Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul in einem Probierglase mit Kalilauge, so erhält man einen grünlichen Niederschlag, der die Eisenoxydulbase (FeH_2O_2) ist. Nur durch was für einen Vorgang kann sich hier die Kaliumbase in die Eisenoxydulbase verwandeln? Schüttelt man den erhaltenen Niederschlag einige Zeit mit Luft, so wird er dunkler und endlich braunrot; er hat sich durch Aufnahme von Sauerstoff (und Wasser) in die Eisenoxydbase ($Fe_2H_6O_6$) verwandelt.

12. Das **phosphorsaure Eisenoxydul** (Vivianit, $Fe_3P_2O_8$) ist eine farblose Verbindung, die sich zuweilen in Mooren bildet. An der Luft verwandelt es sich z. T. in Eisenoxydphosphat und nimmt damit eine dunkelblaue Farbe an. Das Erscheinen dieser Farbe auf ausgeworfener Moorerde weist daher auf einen Gehalt des Moores an welchem Düngestoffe hin?

Auch der Ortstein enthält häufig phosphorsaures Eisenoxyd.

13. Die Eisenoxydulverbindungen können im Ackerboden nur da bestehen, wo sie von der Luft abgeschlossen sind. Daher trifft man sie besonders in nassem Boden, sowie im Untergrunde. Sie sind dem Pflanzenwuchse nachteilig, während die Oxydverbindungen unschädlich sind. Die Oxydulverbindungen müssen daher durch Sauerstoffzufuhr (Entwässerung, allmähliche Vertiefung der Ackerkrume) in Oxydverbindungen umgewandelt werden.

Eine bläuliche oder grünliche Farbe des Bodens verrät die Gegenwart von Oxydul-, eine rote oder gelbe dagegen von Oxydverbindungen. Der blaue Geschiebemergel des norddeutschen Flachlandes ist da, wo er zu Tage tritt, gewöhnlich gelb gefärbt. Die aus ihm gebrannten Ziegel färben sich beim Brennen durch Sauerstoffeinwirkung rot. — Der Mergel wird durch längeres Liegen an der Luft im Winter nicht allein mürbe (Physik § 47, 2), sondern es wird auch der größere Teil des in ihm enthaltenen Eisenoxyduls dadurch unschädlich gemacht.

Nenne Eisenerze. — Beschreibe die Gewinnung des Roheisens aus ihnen. — Welche Eisenarten unterscheidet man? — Gieb die hervorragendsten Eigenschaften einer jeden an? — Welches landwirtschaftlich wichtige Nebenerzeugnis ergiebt sich bei der Stahlbereitung? — Wie erklärt sich der große Gehalt des Thomasphosphats an gebranntem Kalk? — Was erfolgt, wenn man es mit schwefelsaurem Ammoniak mischt?

Wie bewahrt man das Eisen vor dem Rosten? — Warum muß eisernes Kochgeschirr mit einer Glasur versehen werden?

Welche beiden Reihen lassen sich unter den Eisenverbindungen unterscheiden? — Welche Wirkung haben Oxydulverbindungen auf die Pflanzen? — Wie kann man die Oxydulverbindungen unschädlich machen? — Warum darf man einen Boden, dessen Untergrund reich an Oxydulverbindungen ist, nicht plötzlich sehr tief pflügen? — Warum nehmen Ziegel beim Glühen eine rötliche Färbung an? — Wie läßt sich an der Färbung des Bodens erkennen, ob in ihm Oxydul- oder Oxydverbindungen des Eisens vorherrschen?

§ 49.*

Rückblick auf die Metalle und ihre Verbindungen. — Allgemeines über die Metalle. — Die wichtigsten Schwermetalle.

1. Es ist eine Tabelle anzufertigen, die in den aufeinanderfolgenden wagerechten Reihen die Namen und Zeichen der kennen gelernten Stoffe in folgender Anordnung enthält: a) die Metalle, b) ihre Verbindungen mit Sauerstoff (Oxyde), c) mit Wasserstoff und Sauerstoff (Basen), d) mit Schwefel und Sauerstoff (schwefelsaure Verbindungen, e) mit Stickstoff und Sauerstoff (salpetersaure Verbindungen), f) mit Phosphor und Sauerstoff (phosphorsaure), g) mit Kohlenstoff und Sauerstoff (kohlensaure), h) mit Kiesel und Sauerstoff (kieselsaure), i) mit Chlor.

2. Fertige eine ähnliche Tabelle für die Nichtmetalle an, die die Reihen a, b und c enthält (Nichtmetalle, Oxyde, Säuren).

3. Vergleiche die Zusammensetzung, Entstehung und die Eigenschaften der Basen miteinander.

4. Die **Basen** sind Verbindungen der Metalloxyde mit Wasser. Die Basen des Kaliums, Natriums und Calciums färben das rote Lackmuspapier blau und haben einen laugenhaften Geschmack — starke Basen. Die Magnesiumbase wirkt nur schwach, die Basen der andren kennen gelernten Metalle gar nicht auf Lackmuspapier; alle sind geschmacklos — schwache Basen.

Zu den starken Basen zählt man auch das Ammoniakwasser (§ 16, 2) und nennt es die **Ammoniumbase** (NH_4HO). Nämlich bei der Auflösung des Ammoniakgases in Wasser erfolgt gleichzeitig eine Verbindung beider Stoffe ($NH_3 + H_2O = NH_4HO$). In dem Moleküle NH_4HO verhält sich NH_4 genau so wie ein einwertiges Metall und wird daher als **Ammonium** bezeichnet.

5. Man teilt die Metalle (§ 41 Zusatz) in Schwer- und Leichtmetalle ein. Leichtmetalle sind solche, deren specifisches Gewicht kleiner als 5 ist. Die Schwermetalle unterscheidet man nach ihrem Verhalten zu Sauerstoff als unedele, halbedele und edele Metalle (§ 9, 1).

I. Leichtmetalle.

a) Alkalimetalle: Kalium, Natrium, Ammonium.
b) Erdalkalimetalle: Calcium.
c) Erdmetalle: Magnesium, Aluminium.

II. Schwermetalle.

A. Unedele.

a) Zweiwertige: Zink, Blei, Kupfer.
b) Zwei- und dreiwertige: Eisen, Nickel.

B. Halbedele.

Quecksilber.

C. Edele.

Silber, Gold, Platin.

6. Alle Metalle sind durch starken Glanz, weiße oder graue metallische Farbe (Ausnahmen: Gold, Kupfer, Calcium) ausgezeichnet. Sie

sind ferner gute Leiter der Wärme und Elektricität. — Durch Zusammenschmelzen zweier oder mehrerer Metalle erhält man Legierungen. Sie unterscheiden sich in Farbe, Härte, Schmelzpunkt und andren physikalischen Eigenschaften wesentlich von den Metallen, aus denen sie hergestellt sind. — Nur wenige Metalle (wie überhaupt nur wenige Elemente) finden sich frei in der Natur. Die meisten stellt man durch Glühen ihrer Sauerstoffverbindungen mit Kohle her, einige auch dadurch, daß man ihre Verbindungen mit Hilfe des galvanischen Stromes zerlegt.

Beispiele von Legierungen: Messing, Tombak (Kupfer und Zink), Bronze, Glockenmetall, Kanonenmetall (Kupfer und Zinn), Neusilber (Kupfer, Nickel, Zink). Gold legiert man mit Kupfer oder Silber (in den Reichsmünzen 90 Teile Gold mit 10 Teilen Kupfer), Silber mit Kupfer (90 : 10 in den Reichsmünzen); für sich verwendet, nützen sich beide wegen ihrer großen Weichheit bald ab. Auch die Nickelmünzen sind Kupferlegierungen (25 Teile Nickel auf 75 Teile Kupfer).

7. Das **Kupfer** (Cu) findet sich in zahlreichen Erzen (Kupferkies, Malachit ꝛc.), selten gediegen. Ein sehr dehnbares, nicht besonders hartes Metall, schweißbar, schwer schmelzbar (ca. 1000 ° C). In Deutschland (zusammen mit Silber) in der Grafschaft Mansfeld gewonnen. — In Kochgeschirren aus Kupfer oder einer kupferhaltigen Legierung entsteht mit Essig eine blaugrüne, sehr giftige Verbindung, der Grünspan. Verzinnung derartiger Geschirre. — Das schwefelsaure Kupfer (Kupfervitriol, Blaustein), $CuSO_4$, dient wegen seiner giftigen Wirkung zum Einbeizen des zur Saat bestimmten Weizens, um dadurch die den Körnern anhaftenden Brandsporen zu töten. Besitzen die Körner Risse, die sie beim Maschinendrusch leicht erhalten, oder bleiben sie zulange in der Lösung, so dringt diese auch in sie ein und tötet den Keim (Pflanzenkunde § 27, 7).

8. Das **Blei** (Pb) wird meist aus Bleiglanz (PbS) z. B. im Harze, in Sachsen, Böhmen, Kärnten gewonnen. Ein bläulichgraues, glänzendes Metall, an der Luft bald mit einer Oxydschicht bedeckt, sehr weich, abfärbend, biegsam und wenig elastisch, schmilzt bei 325 ° C. Anwendung zum Dachdecken, Gießen von Kugeln und Schrot (mit Arsenikzusatz), zu Gas- und Wasserleitungsröhren. Es ist nebst seinen Verbindungen giftig. Diese finden als Farben Anwendung (Bleiweiß, Mennige).

9. Das **Zink** (Zn) s. § 7. Verbrennt, an der Luft stark erhitzt, mit heller Flamme zu Zinkoxyd (ZnO).

10. Das **Zinn** (Sn) ist eigentlich ein Nichtmetall (§ 41), wird aber wegen seines Aussehens gewöhnlich den Metallen beigezählt. Man gewinnt es aus dem in Böhmen, Sachsen und auf Malakka gefundenen Zinnstein auf ähnliche Weise wie das Eisen. Es ist silberweiß, weich, sehr geschmeidig, schmilzt bei 230 ° C, verändert sich an der Luft sehr wenig. Anwendung als Zinnfolie (Stanniol) zum Verpacken von Thee, Tabak ꝛc., zum Verzinnen, zu Legierungen. Zinngeschirr wurde früher häufig benutzt.

11. Das **Nickel** (Ni) wird aus Rotnickelkies (Kupfernickel) dargestellt, einem in Thüringen, Sachsen, Böhmen und Steiermark vorkommenden Erze. Als reines Metall fast silberweiß, schwer schmelzbar, vom Magneten schwach angezogen, an der Luft wenig verändert. Anwendung zum Vernickeln und zu Legierungen.

12. Das **Quecksilber** (Hg), das einzige bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Metall, findet sich gediegen und in Erzen in Spanien, Krain, der Rheinpfalz, Kalifornien. Bei — 40 ° C wird es fest, bei + 360 ° C siedet es. Es verdunstet auch bei gewöhnlicher Temperatur; die Dämpfe wie die Flüssigkeit sind sehr giftig. Metalle mit reiner Oberfläche werden vom Quecksilber benetzt, viele auch aufgelöst (Gold, Silber, Zinn u. a.), solche Auflösungen heißen Amalgame. Anwendung zur Füllung von Barometern und Thermometern, zu Spiegelbelegungen (zusammen mit Zinnfolie). Auch die Verbindungen sind starke Gifte. Quecksilberoxyd s. § 2. Sublimat ($HgCl_2$) eines der wirksamsten fäulniswidrigen Mittel (§ 35, 4).

13. Das **Silber** (Ag) findet sich teils gediegen, teils in zahlreichen Erzen im Harze, Erzgebirge, Schwarzwalde, Böhmen. Das silberreichste Land ist Mexiko. Reines Silber ist weiß, sehr weich und dehnbar, schwer schmelzbar (954 ° C). Schwärzung durch Schwefelwasserstoff § 35. Reinigung mit Ammoniakwasser § 16. Höllenstein ($AgNO_3$) wird in der Photographie, als Ätzmittel in der Heilkunde, zum Zeichnen der Wäsche benützt.

14. Das **Gold** (Au) findet sich fast nur gediegen, meist in Sand und Lehm, aus denen es durch Abschlemmen (Waschen) gewonnen wird. In Europa ist Gold in Siebenbürgen, im oberen Rhein- und Donauthale vorhanden. Das meiste liefern Australien, Amerika, Sibirien, Südafrika. Reines Gold ist tief gelb, weich, äußerst dehnbar, schwer schmelzbar (etwa 1100 ° C). Vergl. § 18, 3.

15. Das **Platin** (Pt) findet sich gediegen hauptsächlich im Ural, unter ähnlichen Verhältnissen wie das Gold und wird in derselben Weise gewonnen. Ein stahlgraues, geschmeidiges, sehr dehnbares Metall, in der Weißglut schweißbar, sehr schwer schmelzbar. In fein verteiltem Zustande (Platinmohr, Platinschwamm) hat es die Fähigkeit, große Mengen von Sauerstoff zu absorbieren und zu verdichten. Der verdichtete Sauerstoff ist wirksamer als der gewöhnliche. Vergl. § 20, 1.

Zweite Abteilung.

Die Salze und die organischen Verbindungen.

Zweite Abteilung

Die Salze und ihr [illegible]

[illegible]

Erster Abschnitt.

Die landwirtschaftlich wichtigsten chemischen Vorgänge bei der Entstehung und Veränderung der Salze.

---

§ 50.

Die gegenseitige Einwirkung von Säuren und Basen.

1. Vergleiche die Zeichen folgender Verbindungen miteinander: Kochsalz und Salzsäure; schwefelsaures Kalium oder schwefelsaures Ammoniak und Schwefelsäure. Durch was für chemische Vorgänge werden die gegenüber gestellten Verbindungen ineinander verwandelt werden können?

2. **Versuch.** In einem Becherglase befindet sich verdünnte Salzsäure, in einem zweiten ebensolche Natriumlauge. Beide Flüssigkeiten werden in einem dritten Becherglase, das einen Streifen roten und blauen Lackmuspapieres enthält, miteinander vermischt. Es läßt sich dann ein Zustand erreichen, in dem die Milchflüssigkeit neutral ist und den Geschmack einer Kochsalzlösung annimmt. Sobald sie filtriert und eingedampft ist, erhält man in der That Kochsalz als ein feines, weißes Pulver.

Bei der gegenseitigen Einwirkung der vermischten Stoffe ist eine Ersetzung vor sich gegangen:

$$\boxed{Na}HO + \boxed{H}Cl = H_2O + NaCl.$$

Das neben dem Salze entstandene Wasser kann wegen der wässerigen Beschaffenheit der angewandten Stoffe nicht wahrgenommen werden. — Läßt man unverdünnte Salzsäure auf feste Natriumbase einwirken (Vorsicht!), so macht sich eine sehr starke Erhitzung bemerkbar. Worauf weist eine solche stets hin?

3. **Versuch.** Verdünnte Schwefelsäure und mäßig starke Kaliumlauge werden bis zur Neutralität vermischt. Die Flüssigkeit nimmt einen salzartig bitteren Geschmack an, und man erhält nach dem Filtrieren und Abdampfen schwefelsaures Kalium in Form sehr kleiner Krystalle.

Die stattgehabte Ersetzung drückt folgende Gleichung aus:

$$\boxed{K_2}H_2O_2 + \boxed{H_2}SO_4 = 2H_2O + K_2SO_4.$$

Warum ist es erforderlich, das Molekül der Kaliumlauge zu verdoppeln? (§ 7, 4.) — Dampft man die Flüssigkeit nur bis zum ersten Erscheinen des Salzes ein und läßt sie dann langsam verdunsten, so scheidet es sich in deutlichen Krystallen aus ihr ab.

4. **Versuch.** Starke Ammoniumbase (§ 49, 4) wird mit verdünnter Schwefelsäure vermischt, bis die Mischung neutral geworden ist. Es ist schwefelsaures Ammoniak entstanden, dessen Vorhandensein sich durch den eigentümlichen scharfen Geschmack der Flüssigkeit verrät. Filtriert man die Lösung, dampft bis zur beginnenden Abscheidung der genannten Ammoniakverbindung ein und läßt den Rest der Flüssigkeit verdunsten, so erhält man säulenförmige Krystalle.

Folgende Gleichung führt uns den stattgefundenen Vorgang vor Augen:

$$\boxed{(NH_4)_2}H_2O_2 + \boxed{H_2}SO_4 = 2H_2O + (NH_4)_2SO_4.$$

5. Ähnliche Erscheinungen wie in den vorstehenden Versuchen lassen sich auch bei der Vermischung andrer Säuren und Basen beobachten. — Die Stoffe, die bei der gegenseitigen Einwirkung von Basen und Säuren entstehen, heißen **Salze**. Bei dieser Einwirkung vertauscht der Wasserstoff der Säure seinen Platz mit dem Metall der Base, aus der somit Wasser hervorgeht.

Oxyde, Basen, Säuren und Salze sind die für den Landmann wichtigsten Reihen der unorganischen Verbindungen und zwar haben unter diesen die Salze wiederum die größte Bedeutung.

Wie heißen die Salze, die wir bei unsern Versuchen erhielten? — Aus welchen Stoffen ist jedes einzelne erzeugt worden? — Zu welcher Art der chemischen Vorgänge gehört die Entstehung der Salze? — Wie viele Arten der chemischen Vorgänge haben wir kennen gelernt.

§ 51.

Die Salze.

1. **Beobachtungen und Versuche:**

a) Betrachtung verschiedener Salze: Kochsalz, Salmiak, Soda, Hirschhornsalz, Eisenvitriol, Kupfervitriol (giftig!), Kalkspat, Gipsspat, Spateisenstein, Glimmer, Feldspat u. s. w. — Was läßt sich über ihr Verhalten gegen das Licht? über ihre Form? ihren Geruch? ihren Geschmack? ihre Löslichkeit in Wasser? über ihr Verhalten gegen Lackmuspapier aussagen?

b) Erhitzen einiger Krystalle des blauen Kupfervitriols in einem trockenen Probierglase; weißes, unkrystallinisches Kupfervitriol entsteht, Krystallwasser wird abgeschieden. Nach dem Erkalten werde zu dem weißen Salze destilliertes Wasser getröpfelt: unter Erwärmung wird es wieder blau. — Das krystallisierte Kupfervitriol ist eine Verbindung von schwefelsaurem Kupfer und Wasser ($CuSO_4 + 5H_2O$). Vergl. den Gips § 44, 7.

2. **Eigenschaften.** Die Salze sind keineswegs immer wasserklare, farblose, lösliche und schmeckende, dem Kochsalze ähnliche Stoffe, sondern

— wie Feldspat und Glimmer — auch vielfach solche, die gänzlich abweichende Eigenschaften zeigen. — Auch die Wirkung (Reaktion) der Salze ist nicht immer neutral.

Alle haben die Fähigkeit zu krystallisieren, wobei jedes eine ihm eigentümliche Krystallform annimmt. Viele nehmen beim Krystallisieren noch Wasser auf, das Krystallwasser, das sie beim Erhitzen unter Verlust der Krystallform wieder abgeben.

Die Löslichkeit der Salze ist sehr verschieden. Während 100 g Wasser vom Kochsalz ungefähr 36 g auflösen, vermögen sie nur 0,25 g Gips aufzulösen. Meistens ist die Löslichkeit in heißem Wasser größer als in kaltem. Doch ist auch gelegentlich das umgekehrte der Fall z. B. beim Gips, der sich daher beim Erwärmen seiner Lösung abscheidet. - Einige Salze sind im Wasser ganz unlöslich oder nur dann löslich, wenn es schon gewisse andre Stoffe enthält (§ 44, 8).

Verdunstet eine Lösung, die verschiedene Salze enthält, so scheidet sich zuerst das aus, das der Sättigung am nächsten kommt. — 100 Teile Meerwasser enthalten 2,71 Teile Kochsalz und 0,13 Teile Gips. Bei vollständiger Sättigung müßte es 35 Teile Kochsalz und 0,25 Teile Gips enthalten. Der Gips ist der Sättigung am nächsten und wird daher beim Verdunsten des Meerwassers zuerst abgeschieden. Daraus erklären sich die Lagerungsverhältnisse der Salze in den Steinsalzlagern (§ 46.) Auch die Abscheidung des Dornsteins beim Gradieren der Salzsolen (§ 43, 4) erklärt sich aus dem gleichen Grunde.

3. **Benennung**. Der Name des Salzes besteht aus einem Eigenschaftsworte und einem Hauptworte. Das Eigenschaftswort bildet man von dem Namen der Säure z. B. schwefelsauer von Schwefelsäure, das Hauptwort nimmt man von dem Metalle der Base her z. B. Kalium von Kaliumbase. Daher heißt das aus Schwefelsäure und Kaliumbase entstandene Salz: das schwefelsaure Kalium. Eine Ausnahme bilden die Salze der Salzsäure; z. B. nennt man die aus Natriumbase und Salzsäure entstandene Verbindung das Chlornatrium oder Natriumchlorid (Kochsalz).

Statt der deutschen Eigenschaftswörter braucht man auch lateinische Bezeichnungen, die dem Namen des Metalls angehängt werden, nämlich

— sulfat	für	schwefelsauer,
— nitrat	„	salpetersauer,
— phosphat	„	phosphorsauer,
— karbonat	„	kohlensauer.
— silikat	„	kieselsauer.

Statt schwefelsaures Kalium sagt man daher auch Kaliumsulfat.

4. **Einteilung**. Die Salze kann man nach den Metallen der Basen einteilen und spricht dann von

Salzen des	Kaliums	oder von		Kaliumsalzen (Kalisalzen),
„ „	Natriums	„	„	Natriumsalzen (Natronsalzen),
„ „	Ammoniums	„	„	Ammoniumsalzen (Ammoniaksalzen),
„ „	Calciums	„	„	Calciumsalzen (Kalksalzen).
„ „	Magnesiums	„	„	Magnesiumsalzen (Magnesiasalzen),
„ „	Eisens	„	„	Eisensalzen (Eisenoxyd- und Eisenoxydulsalzen), u. s. w.

Man teilt die Salze aber auch nach den Säuren ein in

schwefelsaure Salze oder Sulfate,
salpetersaure " " Nitrate,
phosphorsaure " " Phosphate,
kohlensaure " " Karbonate,
kieselsaure " " Silikate.

Die Salze der Salzsäure werden als Chloride bezeichnet.

5. Wie heißt das Salz, das entsteht, wenn folgende Basen und Säuren auf einander einwirken? — a) Kaliumbase und Salpetersäure. — b) Natriumbase und Schwefelsäure. — c) Magnesiumbase und Salzsäure. — d) Calciumbase und Kohlensäure. — e) Eisenoxydbase und Schwefelsäure. — f) Kaliumbase und Kieselsäure. — g) Ammoniumbase und Kohlensäure. — h) Calciumbase und Phosphorsäure. — i) Calciumbase und Schwefelsäure.

6. Gieb an, aus welcher Säure und Base jedes der nachstehenden Salze entstanden ist. — a) Salpetersaures Natrium. — b) Schwefelsaures Calcium. — c) Salpetersaures Ammonium. — d) Kaliumphosphat. — e) Natriumsilikat. — f) Eisenoxydulkarbonat. — g) Schwefelsaures Magnesium. — h) Chlormagnesium. — i) Kohlensaures Kalium. — k) Kohlensaures Ammonium. — l) Calciumchlorid. — m) Phosphorsaurer Kalk. — n) Aluminiumsilikat. — o) Magnesiumnitrat.

Zusatz. Das kohlensaure Ammonium, $(NH_4)_2CO_3$. — Bei der Verwesung und Fäulnis organischer, stickstoffhaltiger Stoffe entsteht Kohlensäuregas und Ammoniak. (§ 30, 3; § 35, 4.) Bei Gegenwart von Wasser verwandelt sich das erstgenannte Gas in Kohlensäure (§ 24, 3), das andre in Ammoniumbase (§ 49, 4), durch deren gegenseitige Einwirkung kohlensaures Ammonium (kohlensaures Ammoniak, Ammoniumkarbonat) entsteht.

Dieser Vorgang findet im Dünger statt, der daher im wesentlichen kein freies Ammoniak enthält, sondern kohlensaures Ammonium.

Künstlich stellt man das kohlensaure Ammonium aus stickstoffreichen, organischen Verbindungen durch trockene Destillation (§ 28, 3) her. Man nennt es dann Hirschhornsalz. Als solches ist es ein weißes, krystallinisches, stark nach Ammoniak riechendes Salz, das laugenhaft schmeckt und wirkt. Erwärmt man es in einem trockenen Probierglase, so verdampft es. Das gleiche erfolgt, obschon langsamer, wenn es bei gewöhnlicher Temperatur offen an der Luft steht. Es ist also ein flüchtiges Salz und entweicht deshalb aus dem Dünger.

Warum verliert der Dünger um so mehr Stickstoff, je öfter er umgestochen wird? oder wenn er flach ausgebreitet längere Zeit liegen bleibt? — Durch welche Mittel läßt sich dem Verluste des Düngers an kohlensaurem Ammonium vorbeugen? (§ 16, 4, § 30, 5; § 48, 10). — Warum kann man in der Bäckerei das Hirschhornsalz zum Lockern des Teiges brauchen?

§ 52.*

Andre Entstehungsarten der Salze.

1. **Versuch.** Man prüfe etwas Mörtel aus älterem Mauerwerk mit Salzsäure oder Salpetersäure. Das Aufbrausen verrät die Gegenwart kohlensauren Kalkes (§ 44, 3). Der ursprünglich im Mörtel vorhandene gelöschte Kalk ist in kohlensauren Kalk verwandelt worden. Was muß daher auf ihn eingewirkt haben?

2. **Versuch.** Man verfertigt aus frisch gelöschtem Kalke und Sande kleine Ziegel, die man trocknet und darauf in eine geräumige Flasche bringt. Alsdann wird durch sie gereinigtes und getrocknetes Kohlensäuregas*) geleitet: unter Erhitzung scheidet sich aus den Ziegelchen Wasserdampf ab

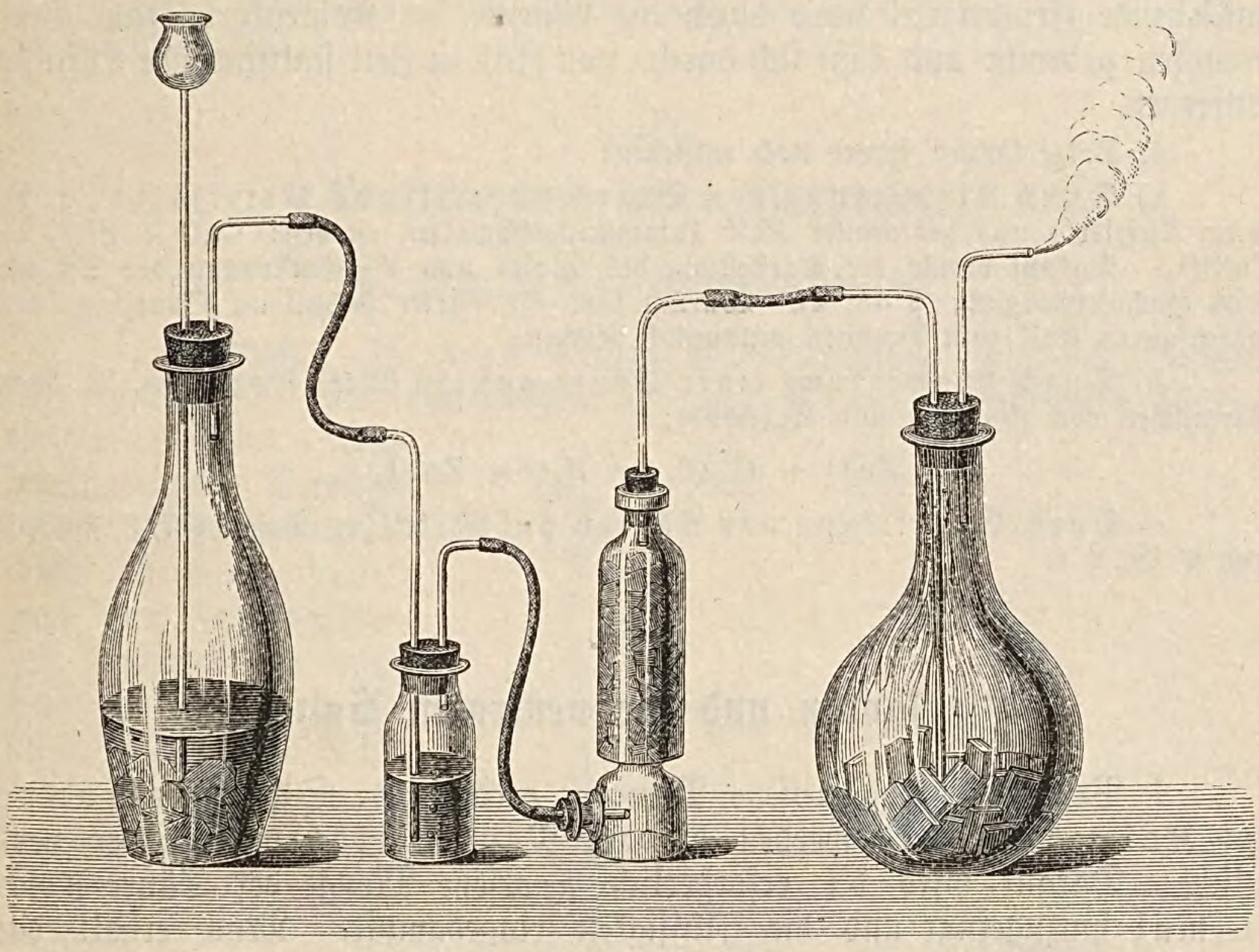


Fig. 16. Umwandlung des gelöschten Kalkes in kohlensauren durch Einwirkung des Kohlensäuregases.

(Fig. 16). Nach Beendigung des Versuches zeigt sich (woran?) der gelöschte Kalk in kohlensauren verwandelt.

Der Vorgang ist in seiner ersten Hälfte eine Zerlegung, nämlich von CaH_2O_2 in CaO und H_2O, in der andren Hälfte verbindet sich das Molekül CaO mit CO_2 zu $CaCO_3$.

$$1)\ CaH_2O_2 = CaO + H_2O.$$
$$2)\ CaO + CO_2 = CaCO_3.$$

3. Daraus ergiebt sich: *wirkt Kohlensäuregas auf Kalkbase, so entsteht kohlensaurer Kalk und Wasser.* Derselbe Vorgang findet in neu errichtetem Mauerwerke statt. Hier bewirkt das Kohlensäuregas der Luft die Umwandlung und damit auch die Erhärtung des Mörtels; das ausgeschiedene Wasser macht die Wände und die Luft in einem neuen Hause feucht und ungesund. Ein solches muß daher längere

*) Für diesen und folgende Versuche wird CO_2 aus Marmorstückchen und Salzsäure erzeugt. Das sich entwickelnde Gas leitet man zur Befreiung von mitgerissener Säure durch eine Waschflasche mit Wasser.

Zeit der Einwirkung der Luft ausgesetzt werden, bevor es bewohnbar wird. Will man das Trocknen eines Neubaues beschleunigen, so ist es erforderlich, große Mengen von Kohlensäuregas auf die Wände einwirken zu lassen, indem man z. B. eiserne, mit glühende Kohlen gefüllte Körbe in die zu trocknenden Räume stellt. Die in großer Menge in den Wänden entstehende Feuchtigkeit wird durch die Wärme der Kohlenkörbe zum Verdampfen gebracht und läßt sich durch, von Zeit zu Zeit stattfindende Lüftung entfernen.

4. Salze können ferner noch entstehen:

a) Durch Einwirkung von Säureanhydrit und Metalloxyd, z. B. wenn Kieselerde und gebrannter Kalk zusammengeschmolzen werden: $CaO + SiO_2 = CaSiO_3$. Darauf beruht die Darstellung des Glases und die Entstehung der Schlacke beim Hochofenvorgang (§ 48, 4). Warum kann ein starker Gehalt an Quarzsand den kohlensauren Kalk zum Brennen untauglich machen?

b) Durch Einwirkung einer Säure auf ein Metalloxyd, z. B. beim Vermischen von Zinkoxyd und Salzsäure:

$$|Zn|O + |H_2|Cl_2 = H_2O + ZnCl_2.$$

c) Durch Einwirkung von Säuren auf Metalle. Vergl. § 7, 3, § 48, 9 und § 18, 2 e.

§ 53.

Die sauren und die neutralen Salze.

1 **Versuch.** Abgemessene Mengen verdünnter Schwefelsäure und Kaliumlauge*) werden bis zur Neutralität miteinander vermischt. Darauf wird die erforderlich gewesene Menge der Säure noch einmal hinzugefügt und die Flüssigkeit eingedampft. Man erhält ein farbloses Salz von andrer Krystallform und Löslichkeit wie das in § 50, 3 hergestellte. Es wirkt und schmeckt sauer und heißt daher saures schwefelsaures Kalium zum Unterschiede von dem neutralen schwefelsaurem Kalium.

Die Entstehungsgleichung des neutralen Salzes lautet:

$$|K_2|H_2O_2 + |H_2|SO_4 = 2H_2O + K_2SO_4.$$

Da wir nach der Bildung des genannten Salzes die dazu nötig gewesene Menge der Säure noch einmal hinzugefügt haben, so werden wir dem in der Gleichung durch Aufstellung von $2H_2SO_4 = H_4S_2O_8$ oder $H_2H_2S_2O_8$ Rechnung tragen. Die 2 K-Atome vermögen aber nach wie vor nur 2 H-Atome der Säure zu ersetzen. Somit gelangen wir für den stattgehabten Vorgang zu der Gleichung:

$$|K_2|H_2O_2 + |H_2|H_2S_2O_8 = 2H_2O + K_2H_2S_2O_8;$$

oder wenn wir die ganze Gleichung durch 2 teilen,

$$|K|HO + |H|HSO_4 = H_2O + KHSO_4.$$

Das Molekül $KHSO_4$ bedeutet das saure schwefelsaure Kalium. — Was sagt uns diese Gleichung?

2. Saure Salze entstehen durch die Einwirkung einer

*) Die Flüssigkeiten befinden sich in zwei Büretten.

größeren Menge der Säure, als zur Neutralisierung der Base erforderlich ist.

In den Molekülen der neutralen Salze ist der gesamte Wasserstoff der Säure durch das Metall ersetzt; in den sauren Salzen ist er es nur zum Teil. — Die sauren Salze der Schwefelsäure, Phosphorsäure und Kohlensäure sind meist leichter löslich als die neutralen.

Zusatz. Fügt man zu einem neutralen Salze noch mehr Base hinzu, so entsteht ein basisches Salz.

§ 54.

Neutrale und saure Karbonate.

A. Die Calciumkarbonate.

1. **Versuch.** In einem kleinen Glaskolben (Fig. 17) befinden sich ungefähr 10 ccm Kalkwasser, die mit 20 ccm destillierten Wassers verdünnt sind. Ein hineingelegter Streifen roten Lackmuspapieres färbt sich blau. Leitet man nun Kohlensäuregas hindurch, so entsteht der bekannte weiße Niederschlag (§ 24, 2 b; § 44, 6), der aber nach längerem Durchleiten wieder verschwindet, während sich das Lackmuspapier schwach rötet.

Erklärung: Beim Einleiten des Kohlensäuregases in die wässerige Flüssigkeit entsteht zunächst Kohlensäure (§ 24, 3), die mit der Base des Kalkwassers den neutralen kohlensauren Kalk bildet:

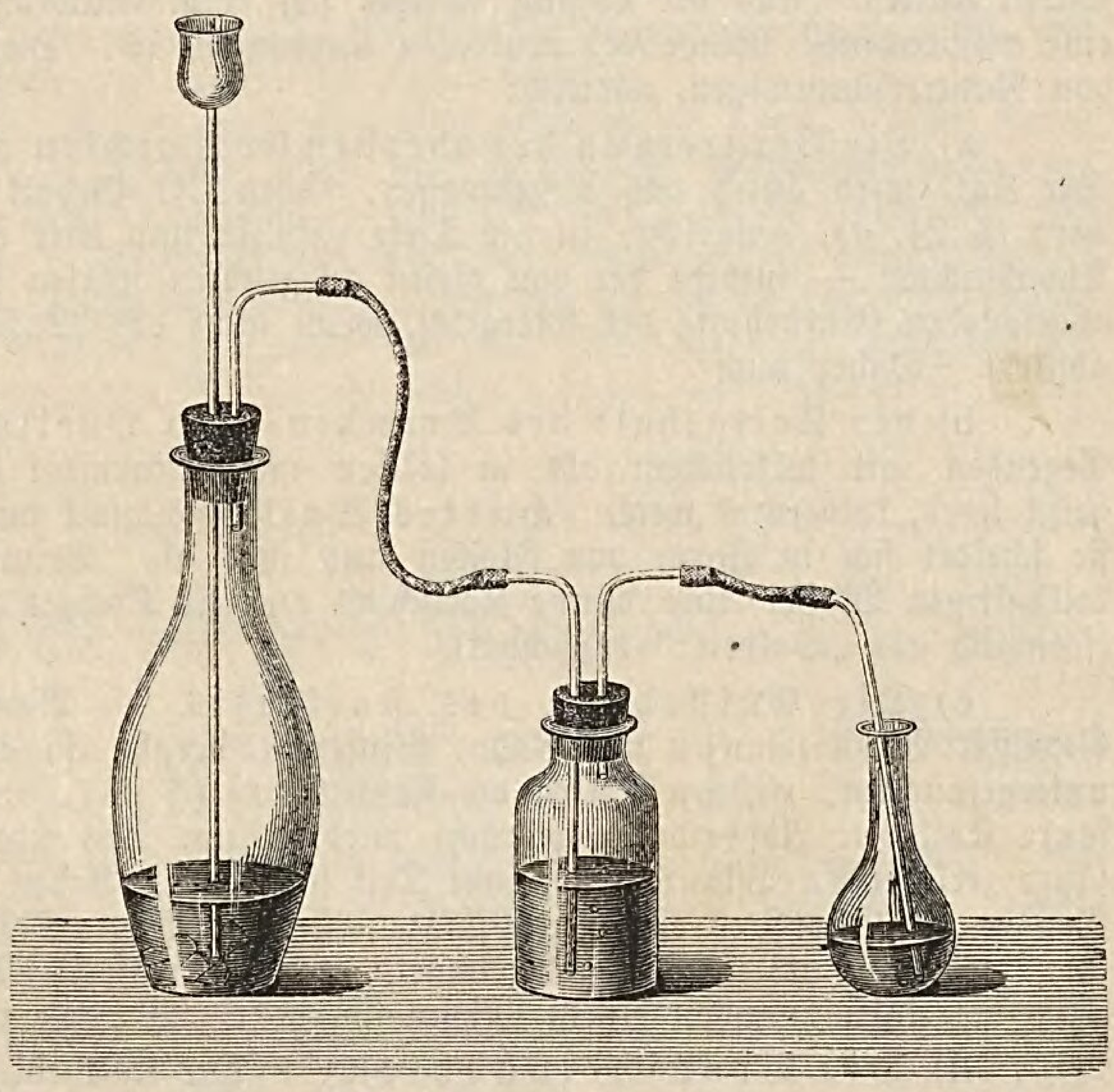


Fig. 17.*) Darstellung des sauren kohlensauren Calciums.

$$\boxed{Ca}H_2O_2 + \boxed{H_2}CO_3 = 2H_2O + CaCO_3.$$

Der neutrale kohlensaure Kalk löst sich nicht in Wasser auf. Aber durch Einwirkung neuer Mengen Kohlensäure verwandelt er sich in den löslichen sauren kohlensauren Kalk. Infolgedessen wird die Flüssigkeit wieder klar.

---

*) Vergl. die Note zu Seite 69.

Wie läßt sich nachweisen, daß der etwa filtrierte weiße Niederschlag kohlensaurer Kalk ist?

2. **Versuche** mit der Lösung von saurem kohlensaurem Kalk. — a) Man lasse einen Teil der Lösung in einem Uhrgläschen stehen. Während das Wasser verdunstet, setzt sich eine weiße, unlösliche Masse von neutralem kohlensaurem Kalke (Untersuchung!) an dem Glase ab. — b) Ein mit Gasabzugsrohr versehenes Probierglas wird zum dritten Teile mit der Lösung gefüllt und erwärmt, während die Mündung des Abzugsrohres in Kalkwasser taucht. Indem Kohlensäuregas entweicht, trübt sich die Flüssigkeit in dem Probierglase.

Das gelöste, saure kohlensaure Calcium verwandelt sich wieder in unlösliches neutrales, sobald die im Lösungswasser vorhandene Kohlensäure von ihm abgetrennt wird und entweicht.

3. Wenn kohlensäurehaltiges Wasser mit (neutralem) kohlensaurem Kalke in Berührung kommt, so erfolgt teilweise eine Auflösung durch Bildung des sauren kohlensauren Kalkes. Aus der Lösung scheidet sich beim Entweichen von Kohlensäure wieder eine entsprechende Menge des neutralen Karbonates ab. Hieraus erklärt sich eine Reihe von Naturerscheinungen, nämlich:

a) Die Verarmung der obersten Erdschichten an kohlensaurem Kalke. Der Kalk wird durch das Regenwasser, dessen CO_2-Gehalt im Boden noch vermehrt wird (§ 24, 4), aufgelöst, in die Tiefe geführt und dort erst in den undurchlassenden Thonschichten — infolge der von diesen ausgeübten starken Flächenanziehung — wieder abgeschieden (Entstehung des Mergels), wenn nicht das Wasser als Brunnen oder Quell abfließt. Daher auch

b) der Kalkgehalt des Brunnen- und Quellwassers. Er ist größer in Gegenden mit kalkreichem als in solchen mit kalkarmem Boden. Kalkreiches Wasser heißt hart, kalkarmes weich. Hartes Wasser schäumt mit Seife nur unvollkommen; sie scheidet sich in Form von Flocken aus ihm ab. Beim Kochen setzt sich aus dem kalkhaltigen Wasser eine dünne Kalkschicht an das Kochgerät ab, der Kesselstein*) (fälschlich als „Salpeter" bezeichnet).

c) Die Entstehung des Kalktuffs. — Wachsen in einem kalkhaltigen Gewässer Wasserpflanzen wie Rohr, Binsen u. dergl., so entziehen sie ihm mit ihren untergetauchten, grünen Teilen die Kohlensäure (§ 26), wodurch der neutrale kohlensaure Kalk zur Abscheidung gebracht wird. Zum Teil überzieht er die, die Kohlensäure zerlegenden Pflanzenteile, zum Teil sinkt er zu Boden. Er sammelt sich auf dem Grunde des Gewässers eine mit Pflanzenresten durchsetzte Schicht von kohlensaurem Kalke an, die man als Kalktuff bezeichnet. — Bei späterer Versumpfung des Gewässers wird die Kalkschicht von einem Moore überdeckt. Wiesenkalk.

d) Die Tropfsteinhöhlen. — Die Kalkgebirge sind durch den Reichtum an Höhlen ausgezeichnet. Durch die Decke einer solchen sickern häufig kalkhaltige Wassertropfen, die erst nach einiger Zeit herabfallen und inzwischen einen Teil ihrer Kohlensäure und damit auch ihres Kalkes einbüßen. An derselben Stelle treten fortgesetzt neue Tropfen auf. Jeder hinterläßt etwas Kalk, und dadurch entsteht in langen Zeiträumen endlich ein Kalkzapfen, der von der Höhlendecke herabwächst. Da, wo die Tropfen auf dem Boden der Höhle aufschlagen, bildet sich ein zweiter Zapfen, der dem ersten entgegenwächst, bis beide miteinander verschmelzen. Derartig entstandene Kalkgebilde bezeichnet man als Tropfsteine (Baumannshöhle im Harz, Adelsberger Grotte bei Triest).

---

*) Die Härte des Wassers wird nicht immer und allein durch kohlensauren, sondern auch durch schwefelsauren Kalk bewirkt, der sich gleichfalls beim Erwärmen als Kesselstein abscheidet (§ 51, 3).

e) Die Abscheidung von Kalksinter, Rogenstein, Erbsenstein, Sprudelstein aus kalkreichen (warmen) Säuerlingen, die ihre Kohlensäure verlieren, sobald sie zu Tage treten.

B. Die Eisenoxydulkarbonate.

4. Das **neutrale kohlensaure Eisenoxydul** ($FeCO_3$) heißt als Mineral Spateisenstein. Seine Löslichkeit verhält sich wie die des kohlensauren Kalkes: nur CO_2-haltiges Wasser vermag das neutrale kohlensaure Eisenoxydul zu lösen, indem sich das lösliche, saure kohlensaure Eisenoxydul bildet. — In dieser Form trifft man es in vielen Quellen (Stahlquellen), in Moor- und Drainwässern an. Es ist oft in sogenanntem saurem Boden in großer Menge vorhanden.

4. Man verschaffe sich derartiges Wasser und lasse es einige Zeit hindurch stehen oder beobachte es in der Natur an Ort und Stelle. Es überzieht sich mit einer bunt schillernden Haut, die nach einiger Zeit zu Boden sinkt und sich dann erneuert. Man erhält zuletzt einen braungelben Niederschlag von Eisenoxydbase oder Eisenocker. Einleiten von Luft beschleunigt die Umwandlung (§ 48, 13).

Erklärung: Durch die Berührung mit Luft wird das kohlensaure Eisenoxydul in kohlensaures Eisenoxyd verwandelt. Die Eisenoxydbase vermag aber nicht mit Kohlensäure vereinigt zu bleiben und trennt sich daher von ihr.

Wo findet sich in der Natur neutrales Calciumkarbonat vor? — Wie kann man es künstlich herstellen? — Warum muß eine Kalk- oder Mergeldüngung nach einer Reihe von Jahren wiederholt werden? — Warum muß das zur Speisung von Lokomotiven bestimmte Wasser in Gegenden mit kalkreichem Boden vorher erhitzt werden? — Welche Wirkung hat die Entwässerung auf einen an Eisenoxydulkarbonat reichen Boden (§ 13, 5)? — Eine eisenhaltige Quelle soll zur Speisung einer Fischzüchterei benutzt werden. Wie kann man das Wasser von Eisen befreien und dadurch brauchbar machen? (Physik § 4, 6.)

§ 55.

Neutrale und saure Phosphate.

1. Die Phosphorsäure, H_3PO_4 (§ 37), vermag mit jeder Base zwei saure Salze zu bilden, je nachdem ein oder zwei Drittel ihres Wasserstoffs durch Metall ersetzt werden. Zu diesen sauren Salzen kommt als drittes das neutrale. Man unterscheidet die drei Salze als ein-, zwei- und dreibasische Phosphate.

Einbasisches Phosphat entsteht, wenn **ein** Drittel des Wasserstoffs der Phosphorsäure durch das Metall ersetzt wird;

Zweibasisches entsteht, wenn **zwei** Drittel ersetzt werden;

Dreibasisches oder neutrales Phosphat entsteht durch Ersetzung aller **drei** Drittel Wasserstoff.

I. Natriumphosphate.

H_3PO_4	Phosphorsäure.
NaH_2PO_4	einbasisches Natriumphosphat.
Na_2HPO_4	zweibasisches Natriumphosphat.
Na_3PO_4	dreibasisches oder neutrales Natriumphosphat.

II. Calciumphosphate.

$H_6P_2O_8$	Phosphorsäure (2 Moleküle).
$CaH_4P_2O_8$	einbasisches Calciumphosphat (1 Molekül).
$Ca_2H_2P_2O_8 = 2CaHPO_4$	zweibasisches Calciumphosphat (2 Moleküle)*).
$Ca_3P_2O_8$	dreibasisches oder neutrales Calciumphosphat (1 Mol.)*).

2. Das **dreibasische Calciumphosphat** ($Ca_3P_2O_8$) haben wir schon § 44, 8 kennen gelernt. — Eine Messerspitze voll in ein Probierglas gethan und mit Salzsäure oder Salpetersäure übergossen, löst sich auf. — Auch in der Natur vorkommende Säuren wie Kohlensäure, Humussäuren (§ 30 Anm.), ferner Alkalisalze und manche organische, zumal bei der Fäulnis oder Verwesung entstehende organische Verbindungen wirken, wiewohl schwächer, auf das dreibasische Calciumphosphat lösend ein. Die Löslichkeit ist um so größer, je stärker es zerkleinert ist.

Düngt man einen Boden, der dreibasisch phosphorsauren Kalk enthält, mit Chilisalpeter, schwefelsaurem Ammoniak oder mit Kochsalz, so wird das Phosphat in Lösung gebracht und kann von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden. — Wirkt ein Düngestoff auf andre im Boden enthaltene lösend ein, so sagt man: er wirke mittelbar (indirekt) düngend.

Auch vermöge der schwachen Säure, die die Wurzelhaare der Pflanzen absondern, wird das Calciumphosphat des Bodens gelöst.
(Vergleiche Pflanzenkunde § 22, 7a).

3. Das **zweibasische Calciumphosphat** ($CaHPO_4$)**) ist ein weißes, in reinem Wasser unlösliches, geruch- und geschmackloses Pulver. Es kann in gleicher Weise, aber leichter, wie das dreibasische Phosphat durch Säuren, Alkalisalze und organische Stoffe in Lösung übergeführt werden (Versuch mit Salzsäure). — Als besonderes Kennzeichen für dieses Salz gilt seine leichte Löslichkeit in Wasser, worin citronensaures Ammoniak (Ammoniumcitrat) enthalten ist. Daher nennt man es auch citratlösliches Phosphat.***)

Versuch. In einem Becherglase bringe man eine gesättigte Lösung von Ammoniumcitrat zum Sieden und trage eine Messerspitze zweibasischen Calciumphosphates ein. Nach kurzem Umrühren ist es gelöst.

4. Das **einbasische Calciumphosphat** ($CaH_4P_2O_8$). — Setzt man zu einer Messerspitze voll dreibasischen oder zweibasischen Calciumphosphates, die in einem Becherglase mit etwas Wasser aufgerührt ist, tropfenweise verdünnte Phosphorsäure hinzu, so erfolgt zuletzt eine Auflösung. Es hat sich einbasisch phosphorsaurer Kalk gebildet, der sich leicht in (reinem) Wasser löst. — Fügt man zu der Lösung wieder Kalkwasser in genügender Menge, so entsteht ein Niederschlag von zweibasisch phosphorsaurem Kalke.

*) In älteren Büchern wird zuweilen das zweibasische Calciumphosphat als neutrales, das dreibasische als basisches bezeichnet.

**) Zweibasisches Calciumphosphat entsteht z. B. beim Vermischen von Kalkwasser und verdünnter Phosphorsäure als ein weißer Niederschlag (§ 37, 4).
$\boxed{H_2}HPO_4 + \boxed{Ca}H_2O_2 = CaHPO_4 + 2H_2O$.

***) Durch außerordentliche Zerkleinerung kann auch das dreibasische Phosphat teilweis citratlöslich werden.

5. **Die Phosphate der Alkalimetalle** lösen sich sämtlich in reinem Wasser auf. **Die Phosphate des Eisens und Magnesiums** verhalten sich ähnlich denen des Calciums.

Anmerkung: In der landwirtschaftlichen Chemie spricht man häufig von löslicher und unlöslicher Phosphorsäure (inwiefern stehen diese Ausdrücke im Widerspruch mit § 37, 3?) Es sind das abgekürzte Ausdrücke für die vollständigeren: lösliche und unlösliche Salze der Phosphorsäure, gerechtfertigt durch den Umstand, daß es bei der Düngung mit phosphorsauren Salzen nicht sowohl auf die Base als auf die Säure ankommt.*) Das zweibasisch phosphorsaure Calcium und andre durch Ammoniumcitrat lösliche Phosphate bezeichnet man kurz als citratlösliche Phosphorsäure.

Zusatz. Natürliches und gefälltes**) Phosphat.

Versuch. Man bringe etwas gepulverten Apatit in ein Probierglas mit starker Salzsäure. Erst beim Erwärmen erfolgt eine rasche Auflösung. Neutralisiert man darauf die Salzsäure mit Natronlauge, so erscheint das gelöste Calciumphosphat wieder als Niederschlag (präzipitiertes Phosphat, Präzipitat). — Auf erneuten Zusatz verdünnter Salzsäure löst sich das gefällte Phosphat jetzt ohne Anwendung von Wärme. — Die gefällten Phosphate sind bei weitem leichter löslich als die natürlichen. Man verwandelt deshalb die natürlichen mit Hilfe der Salzsäure zuweilen in gefällte Phosphate***).

Zähle Verbindungen auf, die a) als unlösliche, b) als citratlösliche, und c) als wasserlösliche Phosphorsäure zu bezeichnen sind. — Nenne Lösungsmittel des zwei- und dreibasischen Ca-Phosphates. — Wie unterscheidet sich das zweibasische Ca-Phosphat in seiner Löslichkeit von dem dreibasischen? — Wie verhält es sich mit der Löslichkeit von drei- oder zweibasischem Ca-Phosphat auf Moorböden verglichen mit humusarmen Bodenarten? — Inwiefern ist das gefällte Phosphat als Düngemittel wirksamer als das natürliche? — In welcher Weise stellt man das gefällte Phosphat her? — Warum hat unter sonst gleichen Umständen ein staubfein zerkleinertes Phosphat größere düngende Wirkung als ein gröberes?

§ 56.

Zersetzung der Karbonate durch Säuren.

A. Kohlensaures Calcium.

1. **Versuch.** Läßt man in einem Becherglase auf kohlensauren Kalk verdünnte Salzsäure, in einem zweiten ebensolche Salpetersäure einwirken, so entweicht in beiden Fällen Kohlsäuregas unter Aufschäumen (§ 44, 3). Dabei löst sich der Kalk, und die Säuren werden neutralisiert. Filtriert man die Flüssigkeiten und dampft sie ein, so erhält man im ersten Falle Chlorcalcium, im andren salpetersaures Calcium.

---

*) Aus ähnlichen, leicht ersichtlichen Gründen ist es gerechtfertigt, von einer Kalidüngung zu sprechen statt von einer solchen mit Salzen des Kaliums.

**) Ein Stoff wird gefällt, heißt: er wird aus einer Lösung als ungelöster, sich früher oder später am Boden des Gefäßes absetzender Körper enthalten. Der Absatz heißt ein Niederschlag.

***) Im großen wendet man zum Neutralisieren kohlensauren Kalk an (s. § 56).

Der Vorgang ist in beiden Fällen eine Ersetzung:

$$\boxed{Ca}CO_3 + \boxed{H_2}Cl_2 = H_2CO_3 + CaCl_2{}^{*}),$$

$$\boxed{Ca}CO_3 + \boxed{H_2}N_2O_6 = H_2CO_3 + CaN_2O_6{}^{*}).$$

Hieran knüpft sich noch eine das Kohlensäuremolekül betreffende Zerlegung:

$$H_2CO_3 = H_2O + CO_2.$$

2. **Versuch.** Kreidepulver werde in einem Becherglase mit verdünnter Schwefelsäure vermischt. Unter Entweichen von Kohlensäuregas wird die Flüssigkeit neutral, ohne jedoch klar zu werden. — Es entsteht nämlich das schwer lösliche schwefelsaure Calcium (§ 44, 7).

$$\boxed{Ca}CO_3 + \boxed{H_2}SO_4 = H_2CO_3 + CaSO_4$$

$$H_2CO_3 = H_2O + CO_2.$$

3. Diese Versuche lehren: *Aus kohlensaurem Calcium wird durch starke Säuren die Kohlensäure ausgetrieben; die austreibende Säure wird selbst neutralisiert, und es entsteht ihr Calciumsalz.*

Man benutzt den kohlensauren Kalk wegen seiner Billigkeit und leichten Beschaffung häufig als Mittel zum Neutralisieren von Säuren. Bildet sich z. B. im Ackerboden Schwefelsäure (§ 34, 2), so macht man sie durch eine Kalkdüngung unschädlich. Auch die freien Humussäuren (§ 30 Anm.) des sogenannten sauren Bodens lassen sich durch dasselbe Mittel beseitigen. — Welche andre Calciumverbindung kann man ebenfalls zum Neutralisieren dieser Säure anwenden?

Zusatz 1. *Chlorcalcium* ($CaCl_2$) ist ein farbloses oder weißes, krystallinisches, scharf salzig-bitter schmeckendes, ungemein leicht lösliches Salz. Es zieht schon aus der Luft Wasserdampf an und zerfließt damit. Deshalb benutzt man es in den Laboratorien zum Trocknen von Luftarten. Es entsteht im *Ackerboden* zuweilen bei der Düngung (§ 61, 3) und wird dem Pflanzenwuchse durch die zu starke Sättigung der Bodenlösung, die es veranlaßt, schädlich. Vergl. § 45, 5. (Pflanzenkunde § 22, 7 III.)

Zusatz 2. Salpetersaures Calcium (CaN_2O_6) wird auch als *Calciumsalpeter* oder *Mauersalpeter* bezeichnet. Es ist ein weißer, krystallinischer Stoff, der kühlend bitter schmeckt und an feuchter Luft sehr rasch zerfließt. In der trockenen Jahreszeit wittert es aus sonst feuchten Mauern der Viehställe, Düngerstätten, Keller und andrer Gebäude heraus. — Er bildet sich in der Natur, *sobald stickstoffhaltige organische Stoffe in einem kalkreichen Boden verwesen.* Hierbei entsteht zuerst Ammoniak (§ 30, 3), das durch Oxydation in Salpetersäure (§ 20) übergeht. Die Salpetersäure wirkt auf den Kalk ein und erzeugt unter Freiwerden von Kohlensäuregas den Salpeter.

Da die Gegenwart von kohlensaurem Kalke die Oxydation der stickstoffhaltigen Verbindungen beschleunigt (§ 30, 4), so wird in einem kalkarmen Boden, wofern er solche Verbindungen enthält, die Salpeterbildung durch eine Kalkdüngung gefördert.

Wenn Jauche in den Stallwänden infolge von Kapillarität emporsteigt, so oxydiert sich ihr Ammoniak besonders lebhaft. Die entstehende Salpetersäure löst den kohlensauren Kalk der Fugen und Ziegel auf und die Mauer wird schadhaft (Salpeterfraß; Abhilfe durch Verhütung des Aufsteigens von Flüssigkeit in der Mauer).

Den geschilderten Vorgang der **Salpeterbildung** bezeichnet man auch als die *Nitrifikation.*

Welche Wirkung hat kohlensaurer Kalk auf einen an Säuren und unlöslichen Stickstoffverbindungen reichen Moorboden.

---

*) Warum müssen 2 Moleküle Säure auf 1 Molekül des Calciumkarbonates in Anwendung kommen? (§ 7, 4.)

B. Kohlensaures Ammonium.

4. **Versuch.** Man fülle zwei Bechergläser zur Hälfte mit einer gesättigten Lösung von kohlensaurem Ammonium (§ 51, Zus.) und füge tropfenweise zu der einen Flüssigkeit verdünnte Salzsäure, zu der andren ebensolche Schwefelsäure. Unter Aufbrausen entweicht Kohlensäuregas. Sobald die Flüssigkeiten neutral geworden sind, filtriere man sie und dampfe sie vorsichtig ab. Man erhält Chlorammonium und schwefelsaures Ammonium (§ 17, 2). Was lehren diese Versuche? (Vergleiche 3.)

Die Vorgänge werden durch die Gleichungen erklärt:

$$|\overline{(NH_4)_2}|CO_3 + |\overline{H_2}|Cl_2 = H_2CO_3 + 2(NH_4)Cl.$$

$$|\overline{(NH_3)_2}|CO_3 + |\overline{H_2}|SO_4 = H_2CO_3 + (NH_4)_2SO_4.$$

$$H_2CO_3 = H_2O + CO_2.$$

Der Versuch findet praktische Anwendung, um das im Gaswasser enthaltene kohlensaure Ammonium in schwefelsaures oder in Chlorammonium überzuführen. Auch übergießt man wohl den Dünger mit verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure (oder noch zweckmäßiger mit Phosphorsäure), wo sie billig zu haben sind, um das flüchtige kohlensaure Ammonium in nicht- (oder minder) flüchtige Verbindungen überzuführen.

Warum wirkt der, freie Phosphorsäure enthaltende, Superphosphatgips, wenn man ihn statt gewöhnlichen Gipses mit dem Dünger vermischt, besonders günstig auf die Erhaltung des Ammoniaks? — Welches Ammoniumsalz wird sich in derartig behandeltem Dünger finden? — Wie können die in der Torfstreu enthaltenen Säuren auf die Erhaltung des Ammoniaks einwirken?

Zusatz 3. Das Chlorammonium (NH_4Cl) oder der Salmiak ist ein leicht lösliches Salz, von dumpf-salzigem Geschmacke. Es ist in starker Hitze flüchtig (Versuch!). Man benutzt es in der Heilkunde und in vielen Gewerben. Als Düngemittel findet es keine Anwendung.

5. Auch andre Salze der Kohlensäure, z. B. kohlensaures Kalium, Natrium u. s. w. verhalten sich gegen die Säuren wie die genannten Karbonate. Es gilt daher ganz allgemein die Regel: aus allen Karbonaten läßt sich mit einer stärkeren Säure die Kohlensäure austreiben, wobei man das entsprechende Salz der stärkeren Säure erhält.

Was erhält man, wenn a) kohlensaures Kalium, b) kohlensaures Natrium, c) kohlensaures Magnesium 1) mit Salzsäure, 2) mit Schwefelsäure, 3) mit Salpetersäure, 4) mit Phosphorsäure übergossen werden?

§ 57.

Zersetzung der Silikate durch Säuren.

1. **Kieselsaures Natrium** (Na_2SiO_3) wird durch Einwirkung von Salzsäure in freie Kieselsäure und Chlornatrium verwandelt, s. § 38, 3.

$$|\overline{Na_2}|SiO_3 + |\overline{H_2}|Cl_2 = H_2SiO_3 + 2NaCl.$$

Ähnliche Umwandlungen erfährt das Natriumsilikat auch durch Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure und Essigsäure.

2. **Versuch.** In eine mäßig verdünnte Lösung von kieselsaurem

Kalium (K_2SiO_3, § 42, 6) werde ein Strom gereinigten*) Kohlensäuregases geleitet. Nach einiger Zeit erstarrt die Flüssigkeit wegen der Abscheidung gallertartiger Kieselsäure. Wäscht man die Masse auf einem Haarsiebe mit wenigem Wasser aus und prüft einen Teil der erhaltenen Flüssigkeit mit einem Tropfen Salzsäure, so verrät das Aufbrausen die Gegenwart eines kohlensauren Salzes in ihr, nämlich des kohlensauren Kaliums (§ 42, 7).

Es erfolgt zunächst die Bildung von (eigentlicher) Kohlensäure, die mit dem kieselsauren Kalium in einen Ersetzungsvorgang tritt:

$$\boxed{K_2}SiO_3 + \boxed{H_2}CO_3 = H_2SiO_3 + K_2CO_3.$$

Läßt man die karbonathaltige Flüssigkeit, nachdem sie nötigenfalls etwas eingedampft ist, einige Stunden stehen, so scheidet sie abermals Kieselsäure ab. Ein Teil dieser Säure bleibt nämlich in dem kohlensäurehaltigen Wasser gelöst (§ 38, 4) und setzt sich erst nach dem völligen Entweichen des überschüssigen Kohlensäuregases als gallertartige Masse ab.

3. **Aufschließung der kalihaltigen Silikate.** — Wirkt kohlensäurehaltiges Wasser auf Kalifeldspat (§ 47, 5) ein, so unterliegt von seinen Bestandteilen das kieselsaure Kalium dem Angriffe der Säure und verwandelt sich in kohlensaures Natrium nebst freier Kieselsäure. Das kieselsaure Aluminium wird dagegen nicht verändert. Nach dem Fortspülen des kohlensauren Kaliums (und einer geringen Menge Kieselsäure) bleibt daher an Stelle des Feldspats ein Gemenge von Aluminiumsilikat und Kieselsäure zurück d. h. Kaolin oder Thon. — Derselbe Verwitterungsvorgang (chemische Verwitterung) vollzieht sich auch mit dem Glimmer (§ 47, 6). — In beiden Fällen wird demnach das lösliche und den Pflanzenwurzeln zugängige kohlensaure Kalium gebildet.

Die **Verwitterungsvorgänge** sind teils mechanische, teils chemische. Zu den mechanischen gehören: 1) Die Zertrümmerung der Gesteine infolge ungleichmäßiger Ausdehnung und Zusammenziehung, verursacht durch den Wechsel von Hitze und Kälte (Physik § 43, 3); 2) Zertrümmerungen, hervorgerufen durch die Ausdehnung des in die Spalten gedrungenen Wassers beim Gefrieren (Physik § 47, 2); 3) Zersprengungen, die die in Gesteinsspalten eingedrungenen Wurzeln vermöge ihres Dickenwachstums ausführen (Pflanzenkunde § 18); 4) die Wirkungen, die Wind, bewegtes Wasser (Wellen, Flüsse) und Gletscher durch die in Bewegung gesetzten Gesteinsbrocken ausüben. Chemische Verwitterungen werden hauptsächlich durch die Kohlensäure, nebst dem Sauerstoffe unter gleichzeitiger Mitwirkung des Wassers eingeleitet (vergl. § 34; § 54, 3 und 5). Die sauren Ausscheidungen aus den Wurzelhaaren der Pflanzen wirken gleichfalls lösend und zersetzend (Pflanzenkunde § 18, 7 a).

Durch welche Säuren sahen wir Silikate zersetzt werden? — Welche Erzeugnisse ergeben sich bei der chemischen Verwitterung des Feldspats? — Wie könnte man seine Zersetzung beschleunigen? — Warum sind die in humosem Boden ruhenden (granitischen) Feldsteine stärker verwittert als solche in humusarmem Erdreiche oder als die obenauf liegenden? — Warum sind die aus der Verwitterung granitischer Gesteine hervorgegangenen schweren Böden für eine Kalidüngung meist wenig dankbar? — Inwiefern wirken Bearbeitung, Düngung, Entwässerung und Bewässerung auf die Verwitterung im Ackerboden ein?

4. In ähnlicher Weise wie kieselsaures Kalium werden auch kiesel-

---

*) Das heißt, es ist durch Wasser in einer Waschflasche von mitgerissener Salzsäure befreit.

saures Natrium, kieselsaures Calcium, kieselsaures Eisenoxydul und zahlreiche andre Silikate durch Kohlensäure, Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure u. s. w. verändert. Es ergiebt sich die Regel: aus den Silikaten läßt sich mit Hilfe einer stärkeren Säure die Kieselsäure austreiben, wobei man das entsprechende Salz der stärkeren Säure erhält.

Was erhält man, wenn a) kieselsaures Kalium, b) kieselsaures Natrium, c) kieselsaures Calcium, d) kieselsaures Eisenoxydul 1) Kohlensäure, 2) Salzsäure, 3) Salpetersäure, 4) Schwefelsäure, 5) Phosphorsäure einwirken?

§ 58.

Allgemeines über die Zersetzung der Salze durch Säuren. Superphosphat.

1. Nicht nur aus Silikaten und Karbonaten, sondern auch aus andren Salzen lassen sich die Säuren mit Hilfe stärkerer Säuren austreiben. Man kann darüber die Regel aufstellen: Wirkt eine stärkere Säure auf das Salz einer schwächeren, so wird die schwächere frei und man erhält das Salz der stärkeren Säure.

2. Welche von zwei Säuren mit Rücksicht auf diese Zersetzung als die stärkere betrachtet werden muß, hängt von, hier nicht näher zu erörternden Umständen ab. Für die in der Landwirtschaft vorkommenden chemischen Vorgänge genügt im allgemeinen nachstehende Reihe der Säuren, in der jede vorhergehende gegenüber den nachfolgenden als die stärkere zu betrachten ist: Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, Phosphorsäure, Kohlensäure, Kieselsäure.

3. Nenne die Erzeugnisse, die sich bei der Einwirkung folgender Stoffe ergeben: a) Salpetersaures Natrium und Schwefelsäure (§ 19, 4). — b) Chlornatrium und Schwefelsäure (§ 7, 1 und § 43, 7.) — c) Phosphorsaures Calcium und Salzsäure. — d) Dasselbe und Salpetersäure. — e) Kohlensaures Kalium und Phosphorsäure. — f) Kieselsaures Natrium und Kohlensäure.

4. Das **Superphosphat** oder aufgeschlossene Phosphat (§ 19, 3; § 36, 3; § 44, 8; § 55) stellt man aus natürlichem dreibasisch phosphorsaurem Kalke und Schwefelsäure her, indem man das rohe Phosphat in Stampf- und Mahlwerken staubfein zerkleinert (Knochen, nachdem sie vorher entfettet und gedörrt sind) und es dann in gemauerten Gruben oder bleiernen Kesseln mit der Säure vermengt. Läßt man auf 1 Molekül des Salzes 3 Moleküle der Säure einwirken, so ergiebt sich freie Phosphorsäure und schwefelsaures Calcium (Darstellung der Phosphorsäure):

$$\boxed{Ca_3}P_2O_8 + \boxed{H_6}S_3O_{12} = 2H_3PO_4 + 3CaSO_4.$$

Wirken hingegen nur 2 Moleküle der Säure auf das Salz, so werden in diesem nicht alle 3 Ca-Atome, sondern nur zwei durch Wasserstoff ersetzt:

$$Ca\boxed{Ca_2}P_2O_8 + \boxed{H_4}S_2O_8 = CaH_4P_2O_8 + 2CaSO_4.$$

Man erhält ein Gemenge von einbasischem Calciumphosphat und schwefelsaurem Kalk, das den Namen Superphos-

phat führt. Durch Aufnahme von gleichzeitig beigefügtem Wasser verwandelt sich der schwefelsaure Kalk in Gips (§ 44, 7).

Als Nebenerzeugnis der Phosphorsäurebereitung auf dem durch die erste Gleichung angegebenen Wege ergiebt sich Gips, der etwas freie Phosphorsäure enthält. Er findet als **Superphosphatgips** Anwendung zum Überstreuen des Stalldüngers, um das Ammoniak besonders rasch zu binden und den Dünger gleichzeitig an Phosphorsäure zu bereichern. Welcher Bestandteil wirkt hier so kräftig auf das kohlensaure Ammonium des Düngers ein?

5. **Versuche.** — a) Man lauge etwas Superphosphat mit destilliertem Wasser aus und filtriere. Der ausgewaschene Rückstand auf dem Filter ist nach dem Trocknen ein neutrales Pulver, das im wesentlichen aus Gips besteht. Die erhaltene Flüssigkeit (das Filtrat) enthält das einbasische Calciumphosphat gelöst. Sie wirkt und schmeckt sauer.

b) In einem Becherglase versetze man einen Teil des Filtrates unter Umrühren mit so vielem Kreidepulver, daß es ein milchiges Aussehen gewinnt, und koche es. Nach 10—15 Minuten ist die Flüssigkeit neutral geworden.

c) Den Rest vermische man in gleicher Weise mit Kreidepulver und lasse ihn bis zum andren Tage stehen. Er wird sich dann gleichfalls als neutral erweisen.

Das Neutralwerden erklärt sich dadurch, daß sich der einbasische phosphorsaure Kalk durch die Einwirkung des kohlensauren Kalkes in zweibasisches Phosphat verwandelt, wobei Kohlensäure frei wird;

$$Ca\boxed{H_2}H_2P_2O_8 + \boxed{Ca}CO_3 = Ca_2H_2P_2O_8 + H_2CO_3.$$

Woraus besteht das Superphosphat? — Aus welchen Stoffen und wie stellt man es her? — Welche Veränderung erleidet der einbasisch phosphorsaure Kalk des Superphosphates bei der Düngung durch den Kalkgehalt des Bodens?

6. Das **Doppelsuperphosphat** erhält man, indem man die zerkleinerten rohen Phosphate, die arm an Eisen- und Aluminiumverbindungen sein müssen, mit so vieler Phosphorsäure übergießt, daß das dreibasische in das einbasische Phosphat umgewandelt wird (§ 55, 4). Die Masse wird vorsichtig getrocknet und dann wieder zerpulvert. Das Doppelsuperphosphat erhält demnach keinen Gips.

§ 59.*

Zersetzung der Salze durch Basen.

1. **Versuch.** Eine Auflösung von Kupfervitriol wird in einem Probierglase mit Kaliumlauge übergossen. Sofort erscheint ein dicker blauer Niederschlag von Kupferbase. — Man nehme den Versuch in einem Becherglase vor, sorge durch tropfenweis erfolgenden Zusatz der Kalilauge dafür, daß die Flüssigkeit bei der Ausfällung aller Kupferbase neutral bleibt, und filtriere. Man behält die Kupferbase als weiche, blaue Masse auf dem Filter, wogegen die abgelaufene Flüssigkeit farblos ist und nach dem Eindampfen schwefelsaures Kalium ergiebt.

Eine Ersetzung hat zwischen dem Metalle der Base und dem Metalle des Salzes stattgefunden:

$$\boxed{Cu}SO_4 + \boxed{K_2}H_2O_2 = K_2SO_4 + CuH_2O_2.$$

2. **Versuch.** Man vermische Kalkmilch mit der Lösung von Kupfervitriol. Das sich ergebende Gemenge von Kupferbase und Gips (bordelaisische Brühe) hat man als Mittel gegen die Kartoffelkrankheit empfohlen (Pflanzenkunde § 27, 5).

3. Aus jedem Salze läßt sich die Base austreiben, wenn man eine stärkere Base (§ 49, 4) darauf einwirken läßt. Die Regel, nach der dies

erfolgt, lautet: Wirkt eine stärkere Base auf das Salz einer schwächern, so wird die schwächere frei, und man erhält das Salz der stärkern Base.

4. **Versuch.** Man vermische eine Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul mit Kalilauge. Es entsteht ein blaßgrüner Niederschlag von Eisenoxydulbase, der sich, zumal beim Schütteln, rasch in rostrote Eisenoxydbase verwandelt (§ 48, 11).

$$\boxed{Fe}SO_4 + \boxed{K_2}H_2O_2 = K_2SO_4 + FeH_2O_2$$
$$Fe_2H_4O_4 + H_2O + O = Fe_2H_6O_6.$$

5. **Versuch.** Die Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul werde mit Kalkwasser versetzt. Man erhält nach dem Schütteln Eisenoxydbase, gemengt mit Gips.

$$\boxed{Fe}SO_4 + \boxed{Ca}H_2O_2 = CaSO_4 + FeH_2O_2$$
$$2FeH_2O_2 + H_2O + O = Fe_2H_6O_6.$$

6. **Versuch.** Eisenkarbonathaltiges Wasser (§ 54, 4) wird mit frisch bereiteter Kalkmilch versetzt und geschüttelt. Es entsteht ein Gemenge von kohlensaurem Kalk mit Eisenoxydbase.

Welche Wirkung wird die Düngung mit gelöschtem Kalke auf einem Moorboden hervorrufen, der an Eisenoxydulsalzen und gleichzeitig an organischen Stickstoffverbindungen (§ 56 Zus. 2) reich ist?

7. Auch die Austreibung des Ammoniaks aus seinen Verbindungen (§ 17), z. B. bei der Einwirkung von gelöschtem Kalk (das ist nämlich nach § 44, 6 gebrannter, an der Luft zerfallener Kalk) auf schwefelsaures Ammonium gehört hieher:

$$\boxed{(NH_4)_2}SO_4 + \boxed{Ca}H_2O_2 = CaSO_4 + 2(NH_4)HO.$$

Die frei gewordene Ammoniumbase zerlegt sich in Ammoniakgas und Wasser:

$$(NH_4)HO = NH_3 + H_2O.$$

Warum ist es verkehrt, ein mit Stalldung oder mit schwefelsaurem Ammoniak frischgedüngtes Land bald darauf auch noch mit gelöschtem Kalk zu düngen? — Warum darf man diese Düngung etwa 1/4 Jahr später ohne Bedenken vornehmen? (§ 20). — Wird auch eine Düngung mit kohlensaurem Kalk bei gleichzeitiger Anwendung von Stallmist Ammoniakverlust herbeiführen?

§ 60.

Die Wechselzersetzung der Salze.

1. **Versuch.** Man reibe angefeuchtetes Ammoniumkarbonat (§ 51 Zus.) in einer Schale mit der dem Gewichte nach doppelt so großen Menge zerpulverten (ungebrannten) Gipses zusammen. Nach kurzer Zeit ist der Ammoniakgeruch verschwunden. Die Masse werde sodann mit heißem Wasser ausgelaugt und filtriert. Aus der eingedampften klaren Flüssigkeit scheiden sich Krystalle von schwefelsaurem Ammonium (§ 17, 2).

Der unlösliche weiße Rückstand erweist sich bei näherer Prüfung (§ 44, 3) als kohlensaures Calcium.

Eine Ersetzung hat in der Weise stattgefunden, daß das Calcium und das Ammonium ihre Plätze miteinander vertauscht haben:

$$\boxed{Ca}SO_4 + \boxed{(NH_4)_2}CO_3 = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3.$$

Der nämliche Vorgang tritt ein, wenn man Ammoniumkarbonat und Eisenvitriol zusammenreibt. Die allmähliche Bräunung des Gemenges rührt von Eisenoxydbase her, deren Entstehung sich nach § 54, 5 erklärt.

2. **Versuch.** Eine starke Lösung von *schwefelsaurem Natrium* (§ 43) werde mit einer ebensolchen von Chlorcalcium (§ 56 Zus. 1) vermischt. Es bildet sich ein dicker weißer Niederschlag von schwefelsaurem Calcium*), während die überstehende klare Lösung Kochsalz enthält.

Den stattgehabten Ersetzungsvorgang drückt folgende Gleichung aus:

$$\boxed{Na_2}SO_4 + \boxed{Ca}Cl_2 = CaSO_4 + 2NaCl.$$

3. Die Salze werden nicht nur durch Säuren und Basen zersetzt; zuweilen tritt auch durch die gegenseitige Einwirkung zweier Salze ein Austausch ihrer Metalle ein. Diese Erscheinung bezeichnet man als die **Wechselzersetzung** der Salze. Die Regel, nach der sie, zumal in Lösungen, statthat, lautet: *eine* (vollständige) *Wechselzersetzung tritt zwischen den Salzen eines Gemisches allemal ein, wenn durch den Austausch der Metalle ein schwerer lösliches Salz zustande kommen kann.*

Bei der Düngung werden mit dem Stalldung sowohl wie mit den Mineraldüngern neue Salze zu den im Boden vorhandenen gefügt. Dadurch kommt es zu Wechselzersetzungen, in deren Verlauf lösliche und schwerlösliche Salze entstehen. Die löslichen werden aus der Ackerkrume durch das Boden- und Regenwasser ausgewaschen, in größere Tiefen geführt und gelangen endlich in die Drainwässer, Brunnen und Quellen; oder aber sie unterliegen in den tieferen Bodenschichten neuen Wechselzersetzungen.

4. **Versuch.** Man vermische eine starke Lösung von kieselsaurem Kalium mit sehr vielem Gipswasser (d. i. einer Auflösung von Gips in Wasser). Es entsteht ein Niederschlag von kieselsaurem Calcium, während die Lösung schwefelsaures Kalium enthält.

$$\boxed{Ca}SO_4 + \boxed{K_2}SiO_3 = K_2SO_4 + CaSiO_3.$$

Derselbe Vorgang spielt sich allemal im Ackerboden ab, sobald durch eine Gipsdüngung in ihm eine gesättigte Gipslösung entsteht und auf das im Boden enthaltene kieselsaure Kalium einwirkt. Die entstandene Lösung von schwefelsaurem Kalium sinkt in den Untergrund, so weit sie nicht von den Pflanzenwurzeln verbraucht wird, wobei auch Phosphate, die das Alkalisalz in Lösung gebracht hat (§ 55, 2), gleichzeitig fortgeführt werden.

Zu welcher Art der Düngemittel ist der Gips zu rechnen? — Wie wird es mit der Wirkung des Gipses auf einem nährstoffarmen im Vergleich zu der auf einem nährstoffreichen Boden stehen? — Welche Veränderung wird der Nährstoffvorrat einer Ackerkrume bei wiederholter Gipsdüngung erfahren? — Welche der des Untergrundes? — Wie werden sich tief-, wie flachwurzelnde Pflanzen gegen eine Gipsdüngung verhalten? — In trockenem Boden oder bei anhaltend trockener Witterung unterbleibt die Wirkuug des Gipses; warum wohl?

---

*) Häufig erst nach dem Erwärmen der Mischung.

5. Auf Wechselzersetzung beruht folgender Vorgang im Tierkörper: Verabreicht man einem Tiere Chlorkalium, so wirkt dieses Salz auf die Natriumverbindungen des Körpers derart ein, daß Chlornatrium entsteht und durch den Harn ausgeschieden wird, wodurch der Organismus arm an Natrium wird. Der gleiche Vorgang findet statt, wenn die Tiere viel kalireiches Futter (Kartoffeln, Wurzeln, Körner) erhalten. Eine Verabreichung von Kochsalz ist dann unbedingt erforderlich, wenn die Tiere gesund bleiben sollen.

§ 61.

Die chemische Absorption im Erdboden.

Vorbemerkung 1. Freie oder gebundene, in einer Lösung enthaltene Schwefelsäure erkennt man daran, daß in der betreffenden Flüssigkeit ein weißer, unlöslicher Niederschlag entsteht, sobald man Chlorbaryum ($BaCl_2$), eine dem Chlorcalcium ähnliche, giftige Verbindung, hinzufügt. — Versuche mit verdünnter Schwefelsäure und einer Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul.

Vorbemerkung 2. Eisenoxydulsalze erkennt man daran, daß sie mit rotem Blutlaugensalze (einem organischen Kalisalze, das aus Blut und andren tierischen Abfällen hergestellt wird) einen dunkelblauen Niederschlag erzeugen. — Versuch mit schwefelsaurem Eisenoxydul.

Die Eisenoxydsalze geben einen blauen Niederschlag nur mit gelbem Blutlaugensalze. — Versuch mit einer Lösung von schwefelsaurem Eisenoxyd, das aus dem gelösten Oxydulsulfat durch Stehen an der Luft oder durch Schütteln erhalten wurde. Vergl. § 48, 10. (Statt dessen mag auch eine Lösnng von Eisenchlorid, Fe_2Cl_6, benutzt werden.)

1. **Versuch.** Man wäge 1 kg fast trockener Erde ab, löse 0,5 g krystallisiertes schwefelsaures Eisenoxydul in ca. 200 g destillierten Wassers auf und vermische, nachdem eine kleine Menge der Lösung in einem Probierglase mit rotem Blutlaugensalze geprüft ist, den Rest unter fleißigem Umrühren mit der Erde. Nach einiger Zeit werde das Gemisch auf ein geräumiges Filter gebracht und mit reinem Wasser übergossen.

Die durchgelaufene Flüssigkeit prüfe man in einem Probierglase mit rotem und mit gelbem Blutlaugensalze. Sie bleibt unverändert, enthält also kein Eisen.*)

Eine zweite Flüssigkeitsprobe werde mit Chlorbaryum versetzt. Der weiße Niederschlag zeigt das Vorhandensein von Schwefelsäure an.

Eine dritte Probe, mit blauem Lackmuspapier untersucht, lehrt, daß die Flüssigkeit neutral ist, also keine freie Schwefelsäure enthält. — Bei genauerer Untersuchung stellt sich heraus, daß in der abfiltrierten Flüssigkeit schwefelsaures Calcium, Magnesium, Kalium und zuweilen noch andre Sulfate zu finden sind.

Die Erscheinung erklärt sich durch die Wechselzersetzung, die zwischen dem schwefelsauren Eisen einerseits und den im Boden vorhandenen Salzen des Calciums, Magnesiums und Kaliums andrerseits in der Art stattgefunden hat, daß ein unlösliches Eisensalz und die löslichen Sulfate der genannten Metalle entstanden sind.

---

*) Sollte noch ein Niederschlag entstehen, so ist der Versuch mit neuer Erde und einer geringeren Menge des Eisensalzes zu wiederholen. Überhaupt empfiehlt es sich, vorher die Absorptionsfähigkeit der zu benutzenden Erde für Eisensulfat festzustellen, sowie zu prüfen, ob nicht lösliche Sulfate oder Eisenverbindungen ohnehin in ihr enthalten sind. In diesem Falle ist sie für den Versuch ungeeignet.

2. *Die Erscheinung, daß gewisse Stoffe infolge von chemischen Vorgängen von der Erde festgehalten werden, bezeichnet man als die* **chemische Absorption.**

Man sagt mit Bezug auf unsern Versuch: die Erde hat das Eisen oder die Eisenoxydulbase chemisch absorbiert; die Schwefelsäure hingegen ist nicht (oder nicht gänzlich) absorbiert worden.

Der chemischen steht die *mechanische Absorption* gegenüber, die auf der Oberflächenanziehung (Adhäsion) beruht (Physik § 4).

Beide Arten der Absorption bewirken, 1) daß die löslichen Düngestoffe mit mehr oder minder großer Kraft von den obersten, den Pflanzenwurzeln erreichbaren Bodenschichten festgehalten werden; 2) verhüten sie, daß die Nährstofflösung des Bodens durch die Düngung stärker gesättigt werde, als den Pflanzen zuträglich ist. (Pflanzenk. § 22, 7 III.)

Mechanisch absorbierte Stoffe haften, ohne verändert zu werden, an der feuchten Oberfläche der Bodenteilchen; die chemisch absorbierten bilden ebenda Niederschläge von schwer löslichen Salzen.

3. **Absorption des Kaliums.** — *Das Kalium wird sehr rasch vom Erdboden absorbiert.* Mischt man feuchte Erde mit einem Kalisalze, wie es bei der Düngung z. B. mit Chlorkalium geschieht, so tritt es mit (wasserhaltigen) Silikaten des Calciums und Magnesiums, welche der Boden enthält, in Wechselzersetzung:

$$\boxed{K_2}Cl_2 + \boxed{Ca}SiO_3 = CaCl_2 + K_2SiO_3,$$

$$\boxed{K_2}Cl_2 + \boxed{Mg}SiO_3 = MgCl_2 + K_2SiO_3.$$

Es entstehen schwer lösliche (wasserhaltige) Kaliumsilikate, wogegen Chlorcalcium und Chlormagnesium in die Bodenfeuchtigkeit übergehen und allmählich in den Untergrund versinken.

Wodurch gefährden diese beiden Salze das Gedeihen der Pflanzen? (§ 45, 5; § 56, Zus. 1.) — Aus welchen Bodenarten werden sie am raschesten entführt und daher dort am mindesten schädlich? — Wie steht es mit der Absorption des Chlors durch den Boden? — Warum sind Kalidünger möglichst zeitig im Herbste in den Boden zu bringen? — Warum empfiehlt es sich, die Kalidüngung für tiefwurzelnde, aus dem Untergrunde ihre Nahrung schöpfende Pflanzen (Zuckerrüben), besonders auf schwerem Boden, schon der Vorfrucht zu geben? — Warum wirken die Düngungen mit Kalisalzen auf den Kalkgehalt der Ackerkrume verarmend?

4. **Absorption der Salpetersäure.** — Bei der Düngung mit Chilisalpeter (§ 19, 2) wirken dieselben Bodenbestandteile, die das Kalium festhalten, auch auf das Natrium absorbierend ein:

$$\boxed{Na_2}N_2O_6 + \boxed{Ca}SiO_3 = CaN_2O_6 + Na_2SiO_3,$$

$$\boxed{Na_2}N_2O_6 + \boxed{Mg}SiO_3 = MgN_2O_6 + Na_2SiO_3.$$

Die leicht löslichen Nitrate des Calciums und Magnesiums werden in den Untergrund entführt. Daher sagt man: *die Salpetersäure wird vom Ackerboden (chemisch) nicht absorbiert.*

Wird diese Entführung rascher in leichtem oder in schwerem Boden von statten gehen? (Die Beweglichkeit des Wassers in beiden ist zu beachten!) — Warum hat eine Kalkdüngung auch stets eine Verminderung des Stickstoffgehaltes der Ackerkrume zur Folge? (§ 56, Zus. 2.) — Welche Veränderung wird die Kalkdüngung im Stickstoffgehalte des Untergrundes hervorbringen? — Warum sind Stickstoffverluste unvermeidlich, wenn man Sandboden zu stark mit stickstoffreichem Stallmiste düngt? (§ 30.) — Was gilt daher von der Stärke und Häufigkeit der Düngung auf derartigem Boden?

5. **Absorption des Ammoniaks.** — Zum Teil wird sie gleichfalls durch wasserhaltige Silikate bewerkstelligt, zum Teil durch die Salze der Humussäuren, z. B. durch humussaures Eisenoxydul (Fe Hum.). Bei der Düngung mit schwefelsaurem Ammonium würde sich daher folgender chemischer Vorgang abspielen:

$$\boxed{Fe}Hum. + \boxed{(NH_4)_2}SO_4 = (NH_4)_2Hum. + FeSO_4.$$

Die freien Humussäuren wirken namentlich auf das Ammoniakgas der Luft absorbierend ein, sowie auf das kohlensaure Ammonium des Stalldüngers (§ 51, Zus. § 56, 4). — Eisenoxydbase und Thon bewirken die Absorption der Ammoniumsalze wesentlich nur durch ihre Flächenanziehung.

Übrigens wird auch Kalium als humussaures Salz vom Boden festgehalten.

6. **Absorption der Phosphorsäure.** — Der Versuch c in § 58, 5 lehrt, daß das leicht lösliche einbasische Calciumphosphat bei der Düngung mit aufgeschlossenen Phosphaten durch den im Boden enthaltenen kohlensauren Kalk unter Freiwerden von Kohlensäure in das zweibasische Phosphat verwandelt wird, das als schwer lösliche Verbindung dem Boden einverleibt bleibt. — Auch kohlensaures Magnesium, kohlensaures Eisenoxydul veranlassen die Entstehung zweibasischer Phosphate.

Noch rascher als die genannten Karbonate wirken die freien Basen des Bodens auf die Umwandlung des einbasischen Calciumphosphates ein, nämlich die Eisenoxydbase und die Aluminiumbase, die ja ein Bestandteil des Thones ist (§ 47, 4).*)

Die zweibasischen Phosphate verwandeln sich nach längerer Zeit durch noch weitere Einwirkung der genannten Fällungsmittel, wie Calciumkarbonat u. s. w., endlich in dreibasische:

$$Ca_2\boxed{H_2}P_2O_8 + \boxed{Ca}CO_3 = Ca_3P_2O_8 + H_2O + CO_2.$$

Die Phosphorsäure der Superphosphate wird daher im Boden mit der Zeit schwerer löslich. — Umgekehrt wird die Phosphorsäure des Thomasphosphates mit der Zeit im Boden etwas leichter löslich als zu Anfang, indem sich in der sehr schwer löslichen Verbindung $Ca_3P_2O_8 + CaO$ das Calciumoxyd zu kohlensaurem Kalke verwandelt, so daß der leichter lösliche dreibasische Kalk zurückbleibt.

7. Die vorstehenden Ausführungen leiten zu folgendem Ergebnis: **Von den wichtigsten Düngestoffen werden durch Erde die Basen sämtlich, die Säuren aber, mit Ausnahme der Phosphorsäure, gar nicht oder nur unvollständig chemisch absorbiert.**

Es darf nicht außer acht gelassen werden, daß die Absorptionsfähigkeit eines Bodens nicht unbegrenzt ist. Ist die Ackerkrume mit absorbierten Nährstoffen gesättigt, so versinkt jede weitere Zufuhr von solchen in die Tiefe, Basen sowohl wie Säuren. Bleibt Stalldung z. B. vor dem Ausstreuen auf dem Felde in Haufen stehen, so werden durch Regen die Nährstoffe ausgelaugt und gelangen in den darunter befindlichen Boden. Es sättigen sich die oberen Schichten desselben, der Überschuß aus-

---

*) Auf einem ähnlichen Vorgange beruht das Zurückgehen der aufgeschlossenen Phosphate d. h. die Wiederverwandlung des wasserlöslichen in schwer lösliches Phosphat. Es tritt nämlich ein, sobald neben dem einbasischen Calciumphosphat noch freies Eisenoxyd, Aluminiumoxyd oder die entsprechenden Basen vorhanden sind. Der einbasisch phosphorsaure Kalk verwandelt sich durch deren Einwirkung, die durch Erwärmung und Austrocknen des Superphosphates beschleunigt wird, in das schwer lösliche zweibasische Calcium-Eisenphosphat.

gelaugter Nährstoffe sinkt tiefer und ist zum großen Teil verloren. Wertveränderung des darnach ausgebreiteten Düngers. Geilstellen.

8. Die infolge der chemischen Absorption entstandenen schwer löslichen Silikate, Phosphate und humussauren Salze werden durch die Wirkung des Sauerstoffs, der Kohlensäure und andrer im Boden enthaltenen Säuren, besonders der von den Wurzelhaaren ausgeschiedenen, ferner durch die chemischen Vorgänge, die erneute Düngungen in dem Boden hervorrufen, langsam in Lösung gebracht und damit für die Pflanzenwurzeln aufnehmbar.

Durch die Wirkung der Kohlensäure werden die leicht zersetzbaren (wasserhaltigen) Silikate des Kaliums und Ammoniums in freie Kieselsäure und kohlensaures Kalium oder kohlensaures Ammonium verwandelt (§ 57).

Durch den Sauerstoff wird die Säure der humussauren Salze zu Kohlensäure und Wasser oxydiert (§ 30). Schwer lösliches humussaures Kalium und Ammonium gehen daher in leicht lösliche Karbonate über. — Die weitere Oxydation des Ammoniaks zu Salpetersäure s. § 20 und § 56, Zus. 2.

Durch die entstandenen löslichen Verbindungen des Kaliums und Ammoniums werden auch die schwer löslichen Phosphate in Lösung übergeführt. Im gleichen Sinne wirken auch die freie Kohlensäure und die Humussäuren des Bodens (§ 55, 2 u. 3).

Wie durch Düngung die im Boden absorbierten Stoffe gelöst werden können, haben wir bei der Einwirkung des Gipses auf Kaliumsilikat gesehen (§ 60, 4). Auch die indirekte Wirkung des kohlensaures Kalkes und der Alkalisalze ist hier zu berücksichtigen. — Wird ein Boden, der an schwerlöslichen Verbindungen des Stickstoffs, Kaliums und der Phosphorsäure reich ist, mit kohlensaurem Kalke gedüngt, so entsteht infolge der beschleunigten Oxydation in der Ackerkrume zunächst salpetersaures Calcium (§ 56, Zus. 2), das mit den Kalisilikaten in Wechselzersetzung tritt, um salpetersaures Kalium zu bilden. Das salpetersaure Kalium aber bringt die schwer löslichen Phosphate in Lösung. Ein großer Teil der gelösten Stoffe sinkt mit dem Bodenwasser in den Untergrund; wie erklärt sich daher die günstige Wirkung einer Kalkdüngung auf tiefwurzelnde Kulturpflanzen, z. B. auf Klee? — Welche Gefahr bringt eine zu häufige Wiederkehr der Kalkdüngung auf einem ohnehin an Nährstoffen nicht reichen Boden hervor? — Warum ist auf Kalkboden eine spärliche aber häufige Stallmistdüngung angezeigt?

Stelle eine Tabelle der absorbierten Stoffe zusammen. Sie enthalte a) in ihrer ersten Spalte die Verbindungen des Kaliums, Ammoniums und der Phosphorsäure, die sich nach der Absorption im Boden finden; b) in der zweiten Spalte werde jedesmal kurz angegeben, in welcher Weise der absorbierte Stoff wieder löslich wird.

Stelle alle in der unorganischen Chemie kennen gelernten Düngestoffe zusammen und gieb an, was du von jedem einzelnen gelernt hast.

Zweiter Abschnitt.

Die organische Chemie.

---

§ 62.

Aufgabe der organischen Chemie. — Eigentümlichkeit der Kohlenstoffatome.

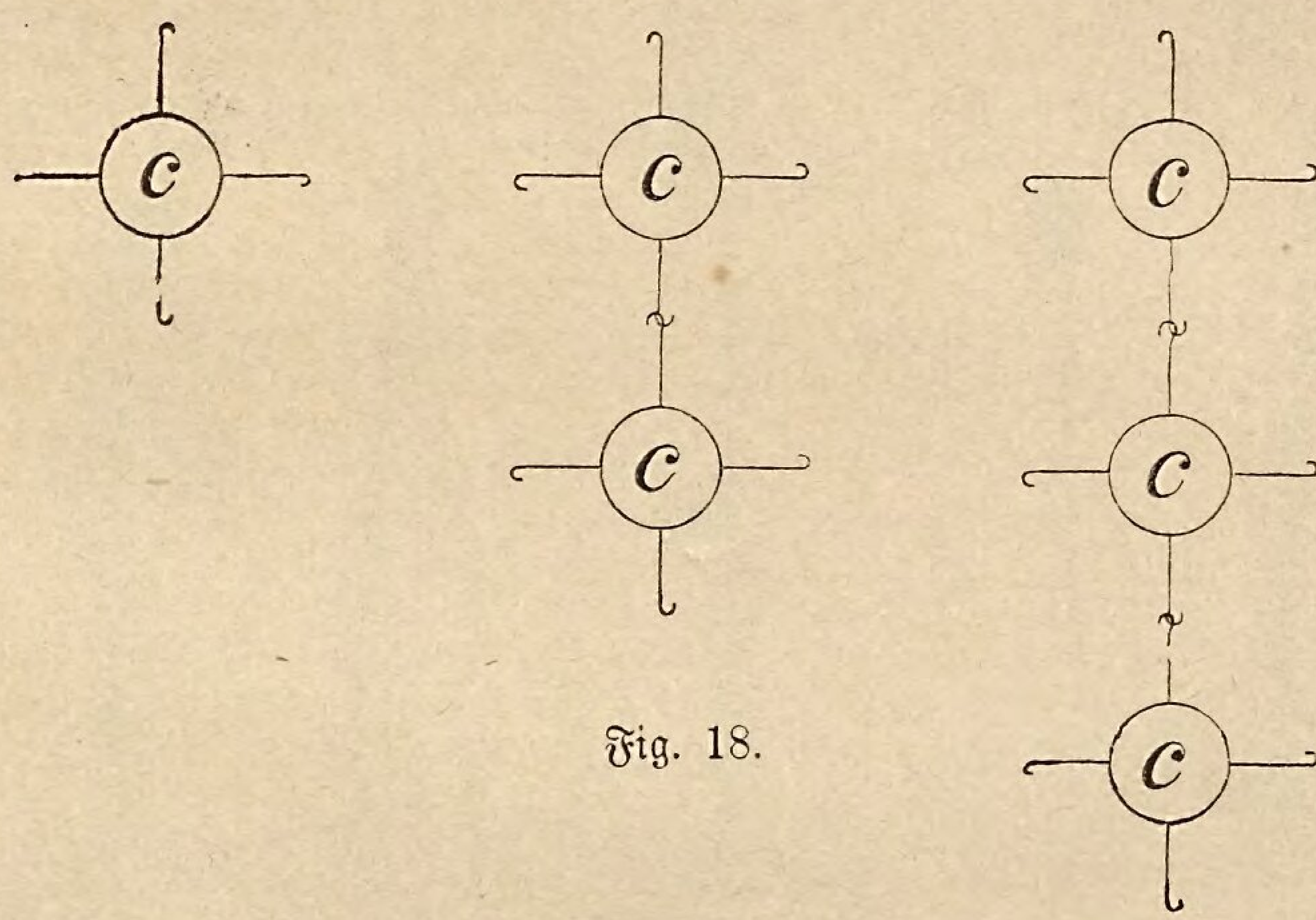


Fig. 18.

Vierwertiges einfaches Atom. — Sechswertiges Doppelatom. — Achtwertiges Drillingsatom.

1. Die organische Chemie beschäftigt sich mit den Verbindungen des Kohlenstoffs (§ 22). Man nennt diese organische, weil die Mehrzahl von ihnen sich in lebenden, organischen Körpern findet oder aus solchen herstammt.

2. Die vierwertigen C-Atome haben die Fähigkeit, sich miteinander zu *Ketten* zu vereinigen, indem sich je zwei Atome in der Weise aneinander fesseln, daß jedes von ihnen eine Wertigkeit zum Festhalten des andren verwendet, wie es die obenstehenden Figuren (Fig. 18) veranschaulichen, bei denen die Wertigkeiten der einzelnen Atome durch Häkchen bezeichnet sind:

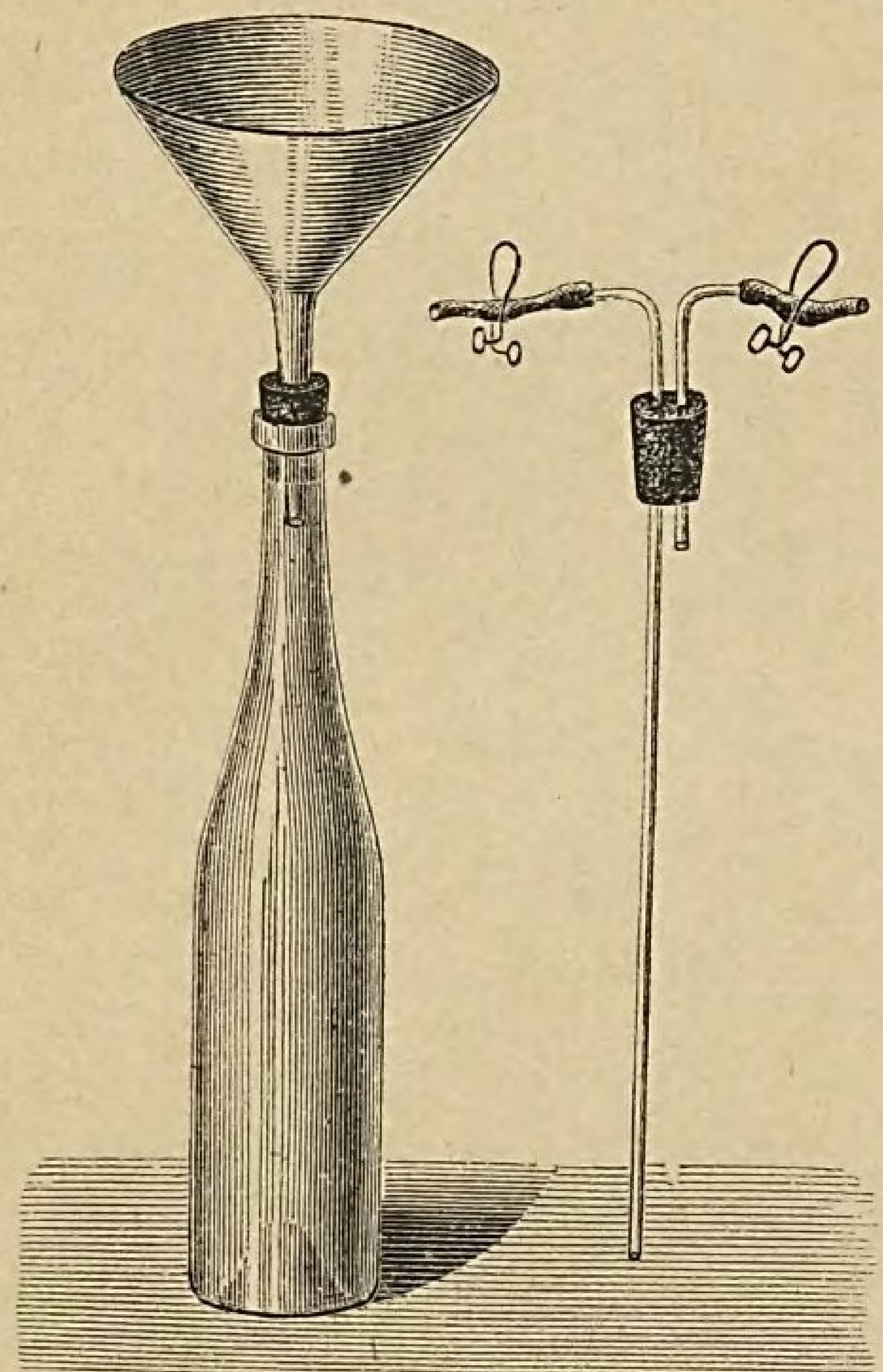
Die Summe der freibleibenden Wertigkeiten findet man, indem man die Anzahl der Kohlenstoffatome der Kette mit 2 vervielfacht und 2 hinzuzählt.

Jede freie Wertigkeit vermag ein Atom eines einwertigen Elementes festzuhalten. Ist dieses Wasserstoff, so erhält man Kohlenwasserstoffe.

§ 63.

Das Sumpfgas und die Kohlenwasserstoffe.

1. Das **Sumpfgas** (CH_4) verschafft man sich, indem man den Grund eines moorigen Gewässers aufrührt (§ 28, 7) und die aufsteigenden Gasblasen in einer mit Wasser gefüllten Flasche auffängt, in deren Mündung ein Trichter befestigt ist (Fig. 19a). Nach der Füllung verschließt man die Flasche mit der Vorrichtung Fig. 19b, wodurch man in der Lage



a *b*

Fig. 19. Vorrichtung zum Auffangen des Sumpfgases. b. dient nach der Füllung zum Verschluß der Flasche.

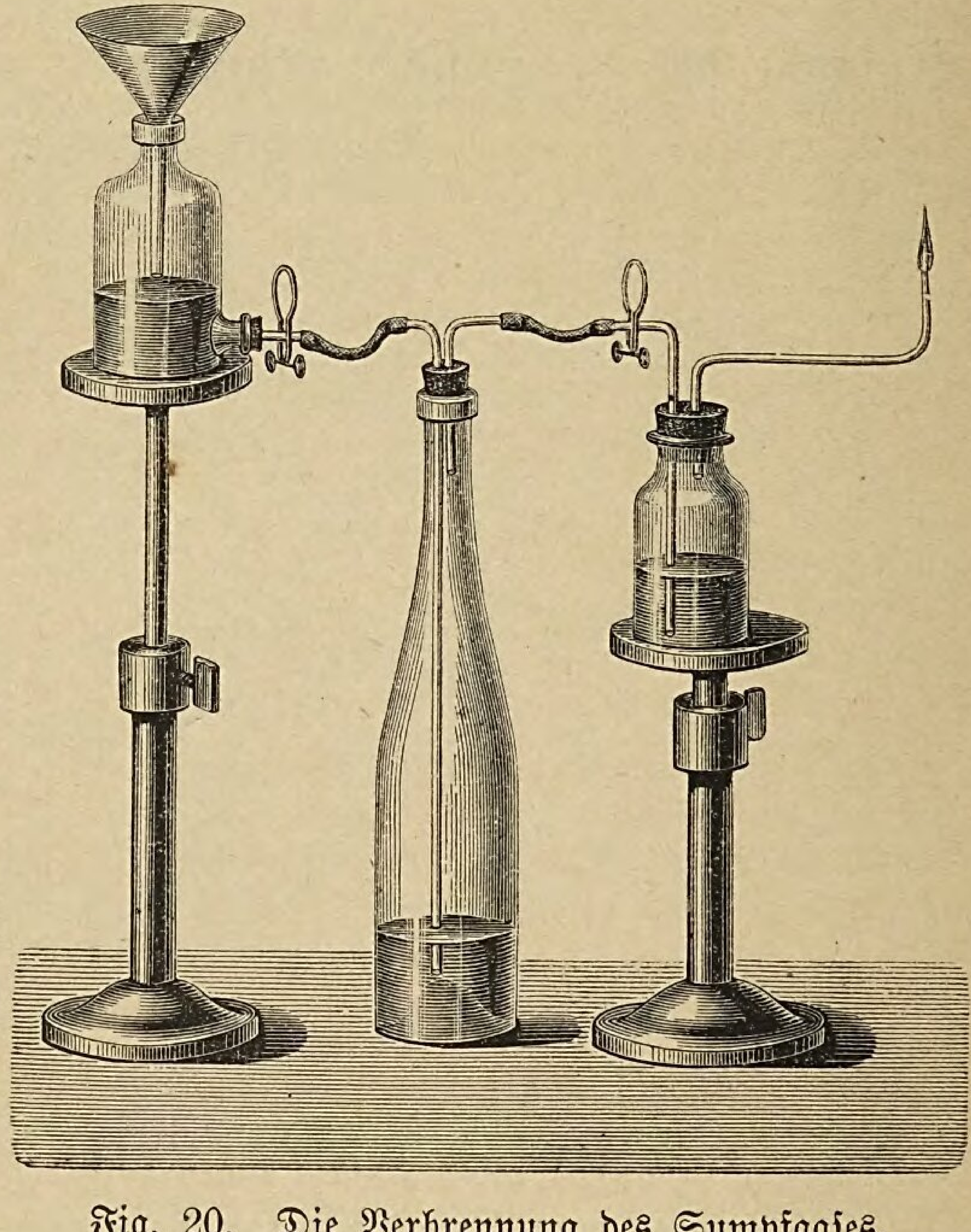


Fig. 20. Die Verbrennung des Sumpfgases.

ist, das Gas wieder bequem aus der Flasche herauszubringen (Fig. 20). Befreit man das Sumpfgas von dem beigemengten Kohlensäuregase, indem man es durch eine, mit Kalilauge gefüllte, Waschflasche streichen läßt (s. Fig. 20), zündet es dann an und hält über der Flamme einen geräumigen Kolben, so läßt sich nachweisen, daß beim Verbrennen Kohlensäuregas und Wasser entstehen.

Das Sumpfgas entsteht auch in Steinkohlenbergwerken und ruft dort im Gemenge mit Luft bei Berührung mit einer Flamme, heftige Zerschmetterungen hervor. Schlagende Wetter. Davy's Sicherheitslampe. Zuweilen strömt es beim Brunnengraben aus moderhaltigen Erdschichten in solcher Menge, daß es die Luft aus dem Brunnenschacht verdrängt und die Arbeiter erstickt. Endlich bildet es sich in den tieferen, von der Luft abgeschlossenen Schichten des Stall- und Abortdunges.

Das (gereinigte) **Leuchtgas** ist ein Gemenge verschiedener Gase, unter denen Wasserstoff und Grubengas vorherrschen. Die giftige Wirkung rührt von Kohlenoxydgas (§ 27) und Schwefelwasserstoff (§ 35) her. Gasmotor (Physik § 58).

2. Das Sumpfgas gehört zu der Gruppe der **Kohlenwasserstoffe.** Alle hierhergehörigen Verbindungen bestehen nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Sie sind nicht nur Gase, sondern auch Flüssigkeiten (Petroleum) und feste Körper (Paraffin).

Das **Erdöl** (Steinöl, Petroleum) gewinnt man der Hauptmenge nach in Pennsylvanien und am Kaukasus (Baku). Vereinzelt findet es sich auch in Europa (Peine in Hannover, Boryslaw in Galizien). Es ist ein Gemenge zahlreicher Kohlenwasserstoffe, von denen man die leicht flüchtigen aus dem rohen Erdöle durch Destillieren abscheidet, da sie andrenfalls zu Zerschmetterungen der Lampen Veranlassung geben. Sie finden unter dem Namen Benzin mannigfache Anwendung, z. B zum Auflösen von Fett als Fleckenreinigungsmittel. — Schwenkt man einen Cylinder mit etwas Benzin aus und nähert die Mündung einer Flamme, so erfolgt ein Aufpuffen. Gefährlichkeit des Benzins. Benzinmotor, Petroleummotor (Physik § 58).

Paraffine nennt man feste Kohlenwasserstoffe, die aus Torf- und Braunkohlenteer, auch aus dem rohen Erdöle gewonnen werden. Sie bilden eine weiße, fettartige Masse, die zur Herstellung von Kerzen dient.

§ 64.

Der Alkohol und das Glycerin.

1. **Beobachtungen und Versuche.**

a) Alkohol und Glycerin werden vorgelegt, ihr Verhalten gegen Gefühl, Geruch, Geschmack und Lackmuspapier werde geprüft.

b) Abgewogene Mengen von starkem Alkohol und dickem Glycerin werden hingestellt und nach Ablauf einiger Stunden abermals gewogen. Das Gewicht des Alkohols hat sich vermindert, das des Glycerins um einige Centigramme zugenommen. Der Alkohol ist verdunstet, das Glycerin hat Wasserdampf aus der Luft aufgenommen. — Wird Glycerin im Wasserbade andauernd erhitzt, so zeigt sich dagegen ebenfalls eine Gewichtsabnahme.

c) Ein brennendes Zündholz, einem Schälchen mit Sprit genähert, entflammt diesen; Glycerin läßt sich nicht anzünden.

d) Kleine Mengen beider Flüssigkeiten werden in Schälchen (unmittelbar) erhitzt. Die Spritdämpfe entzünden sich unter Aufpuffen (Auszulöschen durch ein darüber geworfenes Tuch oder den Deckel einer Cigarrenkiste). Das Glycerin verdampft anfangs; ist aber die Temperatur über 310° C gestiegen, so zersetzt es sich unter Entwickelung unangenehm riechender Dämpfe, die sich entzünden lassen.

e) Man fülle zwei hohe Gläser mit Wasser und gieße vorsichtig in das eine gefärbten Sprit, in das andere ebensolches Glycerin. Der Sprit bildet an der Oberfläche, das Glycerin am Grunde eine Schicht. Durch Umrühren werden beide Flüssigkeiten mit dem Wasser gemischt.

f) Der Gehalt verschiedener Mischungen von Alkohol und Wasser an absolutem Alkohol werde durch das Alkoholometer von Tralles bestimmt. — Ermittelung der specifischen Gewichte durch einen Dichtemesser (Aräometer), (Physik § 27, 4).

g) Man löse in starkem Alkohole Lavendelöl, Rosenöl (Kölnisches Wasser), Jod (§ 40), Schellack (Lackfirnis).

h) Ausgekochte junge Weizenpflanzen, von denen das Wasser abgepreßt ist, werden in einem Kolben mit starkem Alkohol übergossen und auf dem Wasserbade erwärmt. Der Alkohol wird durch das gelöste Blattgrün gefärbt, die Pflanzen entfärben sich.

i) Eine verdünnte Lösung von Honig in Wasser, die mit Hefe versetzt ist, werde in einen Kolben gegossen und mit einem Korke verschlossen, der in einer Durchbohrung ein Gasabzugsrohr trägt. Dieses Rohr führt in ein mit Kalkwasser gefülltes Gefäß. Stellt man die Vorrichtung an einem warmen Orte auf, so entweicht aus der Flüssigkeit Kohlensäuregas, während sie selbst nach Verlauf einiger Tage alkoholhaltig geworden ist.

2. Der **Alkohol** (Weingeist, Spiritus, Sprit, Äthylalkohol, C_2H_6O) ist eine wasserklare, leicht bewegliche Flüssigkeit, von eigentümlichem Geruche und Geschmacke, flüchtig und leicht entzündlich. Wasserfreier heißt absoluter Alkohol (Siedep. 78 ° C, specif. Gewicht 0,79), er ist ein starkes Gift. Durch Wasserzusatz wird das specifische Gewicht des Alkohols erhöht. Er löst viele in Wasser unlösliche Stoffe. Er ist ein Bestandteil aller geistigen Getränke (Bier, Wein, Branntwein 2c.). Anwendung: als Brennstoff, zur Bereitung von Essig, Lackfirnis, zur Aufbewahrung von Tier- und Pflanzenteilen in den Museen.

3. Den Sprit erzeugt man in den **Brennereien** aus Kartoffeln oder Getreide, deren Stärkemehl durch die Einwirkung von Malz (§ 69) zunächst in Zucker verwandelt werden muß. In den Kartoffelbrennereien werden die gut gereinigten, durch überhitzten Wasserdampf gekochten und zerquetschten Kartoffeln mit heißem Wasser und geschrotenem Malze zu einer dickflüssigen Masse vermischt, der Maische, in der die Zuckerbildung vor sich geht. Nach deren Vollendung (Jodprobe) wird die Maische auf ca. 20° C abgekühlt, in die Gärgefäße übergeführt und durch Zusatz der Hefe in Gärung versetzt. Die Hefe besteht aus winzigen, einzelligen Pilzen (s. Pflanzenkunde § 27, 10), die sich in der Flüssigkeit sehr rasch durch Sprossung vermehren und den Zucker in Kohlensäure und Alkohol zerlegen. Durch das entweichende CO_2 wird die gärende Flüssigkeit in wallende Bewegung versetzt. Nach beendeter Gärung scheidet man den Alkohol aus der Maische dadurch ab, daß man sie destilliert (brennt). Da Alkohol nämlich schon bei 78° C siedet, so entweichen bei dieser Temperatur seine Dämpfe aus der wässerigen Lösung. Doch ist es nicht möglich, ihn durch einmalige Destillation auch nur annähernd rein von Wasser zu erhalten. Man verwendet daher zusammengesetzte Destilliergeräte (Kolonnenapparate), durch die eine mehrmalige Destillation erfolgt und ein Alkohol von 96 % erhalten wird. Der Rückstand heißt die Schlempe. Sie enthält neben sehr vielem Wasser (ca. 92 %) noch das Proteïn, die Cellulose, die mineralischen und einige stickstofffreie (durch die Gärung z. T. in Säuren umgewandelte) Bestandteile der Kartoffel- bezw. Getreidezellen, außerdem die Hefe, und die Spelzen des Gerstenmalzes. Sie dient, frisch oder eingetrocknet, als Futtermittel.

Auch aus den zuckerhaltigen Säften der Kirschen, Zwetschen und andren Obstarten, ebenso aus den Rückständen der Zuckerfabrikation erhält man durch Gärung und Destillation der gegorenen Flüssigkeiten Branntwein oder Sprit.

4. Die **Fusel** (Propyl-, Butyl-, Amylalkohol) sind dem (Äthyl-) Alkohole ähnliche Verbindungen, deren Wirkung auf den lebenden Körper aber heftiger ist. Sie bilden sich in größerer Menge nur dort, wo die Gärung bei einer Temperatur von ca. 20° C oder darüber in einer starken Zuckerlösung vor sich geht. Man entfuselt den gewöhnlichen Alkohol, indem man ihn durch Kohlen laufen läßt (§ 28, 5).

5. Das **Glycerin** ($C_3H_8O_3$) gewinnt man aus den Fetten, in denen

es an organische Säuren gebunden ist (§ 66). Es ist eine wasserklare öldicke, geruchlose, süße Flüssigkeit, die aus der Luft Wasserdampf anzieht, bei der Temperatur siedenden Wassers verdampft und sich beim Erhitzen über 310 ° C. zersetzt. Es ist schwerer als Wasser und läßt sich mit ihm mischen.

Glycerin findet Verwendung als (gesundheitswidriges) Versüßungsmittel, in der Heilkunde und Körperpflege, als Schmiermittel, zur Herstellung des Dynamites (§ 18). In geringer Menge entsteht es bei der Alkoholgärung und ist daher in der Schlempe, dem Weine, Biere enthalten.

Vergleiche den Alkohol und das Glycerin. — Aus welchen Elementen bestehen beide? — Welche Erzeugnisse werden sie bei der vollständigen Verbrennung liefern? — Wozu verwendet man Alkohol? wozu Glycerin? — Worin äußert sich die giftige Wirkung des Alkohols? — Wie stellt man Alkohol im großen her? — Welche Bestandteile der Kartoffelzelle läßt die Branntweinbrennerei (im ganzen) unverändert? — Wo findet man diese Bestandteile und wie werden sie landwirtschaftlich verwertet?

§ 65.

Die organischen Säuren.

1. Beobachtungen und Versuche.

a) Eine Reihe organischer Säuren (Essigsäure, Weinsäure, Stearinsäure) werde vorgelegt, ihr Verhalten gegen Geruch, Geschmack, Lackmuspapier und Wasser geprüft.

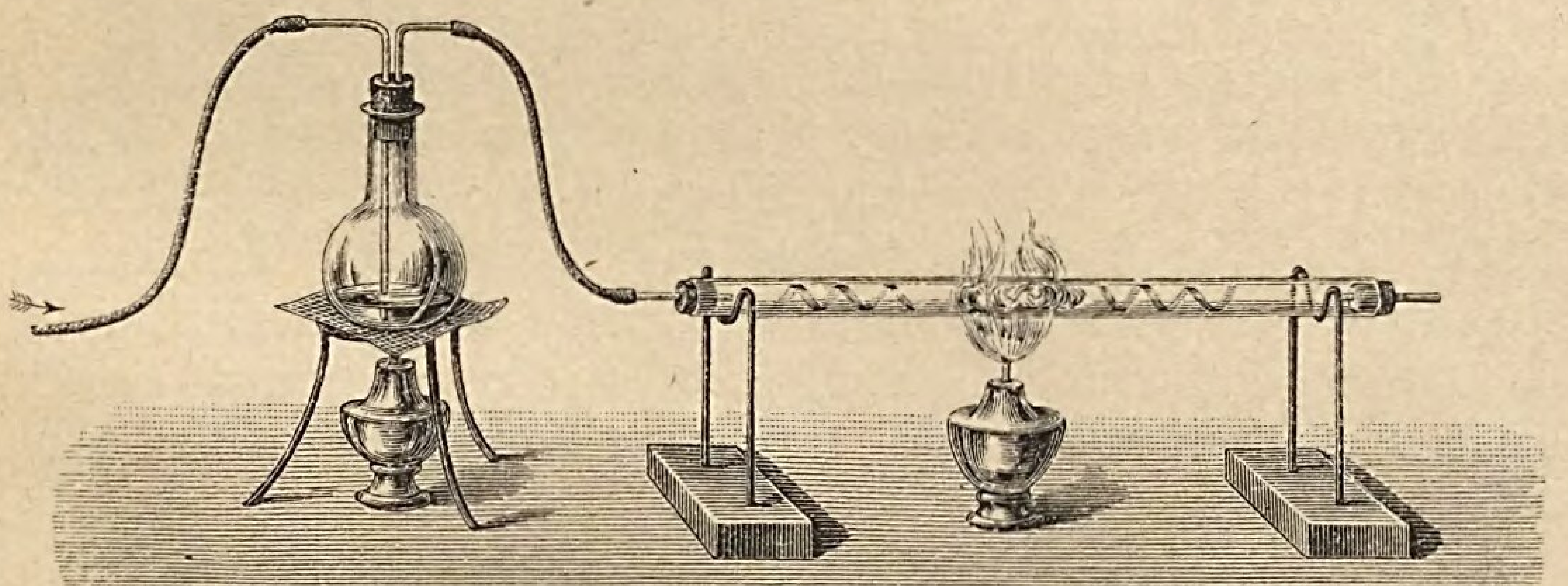


Fig. 21. Oxydation des Alkohols zu Essigsäure. In der Richtung des Pfeiles gelangt der Sauerstoff aus einem (nicht sichtbaren) Gasometer in den erwärmten Alkohol.

b) Darstellung der Essigsäure. — In dem Kolben der Fig. 21 befindet sich starker Alkohol, der mäßig erwärmt wird, während ein rascher Strom von Sauerstoff (oder gewöhnlicher Luft) hindurch getrieben wird. Das Gemisch von Alkoholdampf und Sauerstoff wird durch den stark erhitzten, platinierten Asbest der Verbrennungsröhre geführt, vor und hinter dem sich ein Streif blauen Lackmuspapieres befindet. Der rechts befindliche Streif färbt sich bald rot, während aus der Röhre Dämpfe entweichen, deren Geruch einem Gemische von Essig und Alkohol ähnlich ist.

Die stattgefundene, durch das fein verteilte Platin vermittelte Oxydation des Alkohols zu Essigsäure veranschaulicht folgende Gleichung:

$$C_2H_4\boxed{H_2}O + \boxed{O}O = C_2H_4O_2 + H_2O.$$

c) Etwas Essigsäure werde in einem Schälchen erhitzt und die Dämpfe entzündet; sie verbrennen mit blauer Flamme zu Kohlensäuregas und Wasser.

d) Erhitzen von Weinsäure auf einem Platinbleche; sie verbrennt unter den in § 28, 1 beobachteten Erscheinungen, aber ohne Asche zu hinterlassen.

e) Essigsäure werde mit Natriumlauge neutralisiert und vorsichtig eingedampft, man erhält essigsaures Natrium, ein farbloses Salz von schwach salzigem Geschmack (§ 50, 5).

f) Blanke Kupferdrehspäne werden in einem Kolben mit Essigsäure befeuchtet; nach einiger Zeit haben sie sich mit essigsaurem Kupfer (Grünspan) überzogen.

g) Essigsaures Natrium werde mit verdünnter Schwefelsäure übergossen; es entweichen die Dämpfe der freigewordenen Essigsäure (§ 58, 1).

h) Übergießen von kohlensaurem Kalium mit Essigsäure; unter Aufbrausen entweicht Kohlensäuregas.

i) Herstellung von Brausepulver durch Vermischen von gepulverter Weinsäure und ebensolchem sauren kohlensauren Natrium (gleiche Gewichtsteile). Warum braust die Mischung beim Einschütten in Wasser?

k) Eine kalte Lösung von schwefelsaurem Kalium übergieße man mit sehr viel gelöster Weinsäure; es entsteht ein krystallinischer Niederschlag von saurem weinsauren Kalium.

l) Essigsaures Natrium oder weinsaures Kalium werde in einem offenen Tiegel geglüht. Der Rückstand braust auf, wenn er mit Salzsäure befeuchtet wird. Man hat kohlensaures Natrium oder Kalium erhalten. Kohlensaures Kalium in der Pflanzenasche. Pottasche. Vergl. auch § 61, 8, die Oxydation der humussauren Salze.

2. Die organischen Säuren stimmen in ihren wesentlichen Eigenschaften mit den unorganischen überein. Die Mehrzahl besteht aus **Kohlenstoff**, **Wasserstoff** und **Sauerstoff**; eine kleine Zahl enthält auch noch **Stickstoff**. Sie finden sich in weitester Verbreitung im Pflanzenreiche, im Tierkörper treten sie zurück. Viele können durch Oxydationsvorgänge aus andren organischen Verbindungen erzeugt werden, und für die Mehrzahl ist anzunehmen, daß sie auf gleiche Weise in den lebenden Körpern entstehen.

Die häufigsten in den Pflanzen auftretenden Säuren (sämtlich stickstofffrei) sind: **Ameisensäure**, **Oxalsäure**, **Äpfelsäure**, **Weinsäure**, **Citronensäure** (**Ölsäure**, **Palmitinsäure**), denen wir auch noch die **Gerbsäuren** beizählen wollen.

Von den organischen Säuren des Tierkörpers sind bemerkenswert:

stickstofffreie: **Ameisensäure**, **Oxalsäure**, **Milchsäure**, **Buttersäure**, **Ölsäure**, **Palmitinsäure**, **Stearinsäure**,

stickstoffhaltige: die **Gallensäuren**, die **Hippursäure**, die **Harnsäure**.

3. Diese Säuren sind in den lebenden Körpern gewöhnlich nicht frei, die Butter-, Öl-, Palmitin- und Stearinsäure sind mit dem Glycerine zu den Glyceriden (s. folg. §) verbunden, die andren werden als saure oder neutrale Salze des Kaliums, Calciums, seltener auch des Natriums

und andrer Metalle angetroffen. Die in Futtermitteln (und menschlichen Nahrungsmitteln) vorkommenden wirken in kleinen Mengen auf den Geschmack anregend, in größeren rufen sie jedoch leicht Durchfall hervor; man kann sie zuweilen, wie die Milch- und Buttersäure in der Schlempe, dadurch beseitigen, daß man sie mit Kalkmilch neutralisiert.

4. **Die einzelnen Säuren.**

I. Stickstofffreie.

A. Sauerstoffreiche Säuren, deren Sauerstoffgehalt zwischen 73% und 36% (Kohlenstoffgehalt zwischen 26 und 55%) liegt. Die sauerstoffreichste ist die Oxalsäure, die daran ärmste die Buttersäure.

Flüchtige Säuren:

a) Die **Ameisensäure** (CH_2O_2) ist eine wasserklare, stechend riechende Flüssigkeit. Sie ist in dem Gifte der Ameisen, Bienen, Mücken und andrer Insekten, auch in den Brennhaaren der Nessel anzutreffen. In den durch diese erzeugten Anschwellungen kann sie durch Neutralisieren mit Ammoniakwasser unschädlich gemacht werden.

b) Die **Essigsäure** ($C_2H_4O_2$) ist im wasserfreien Zustande bei gewöhnlicher Temperatur fest und eisartig. Essig ist verdünnte Essigsäure, man stellt ihn im großen aus verdünntem Alkohol oder alkoholischen Flüssigkeiten (gegorenen Fruchtsäften) durch Oxydation her. Die Wirksamkeit des Sauerstoffs wird durch den Essigmutterpilz (Essigkahm, eine Bakterienart) beschleunigt. Bei der Schnellessigfabrikation dient als Unterlage für den Pilz eine dicke Schicht von Buchenholzspänen, durch die der verdünnte Alkohol langsam tropft. (Essigständer.) Die Essigsäure ist auch in dem Holzteere enthalten und wird durch Reinigen daraus gewonnen.

c) Die **Buttersäure** ($C_4H_8O_2$) ist eine sehr saure Flüssigkeit von scharfem, essigartigem Geruche und kratzendem Geschmacke. Sie kommt neben andren organischen Säuren als Glycerid in der frischen Butter, frei hingegen in der ranzigen vor, der sie den Geruch und Geschmack verleiht. Auch bildet sie sich beim Einsäuern der Futtermittel. Im reifenden Käse entsteht sie durch die Wirkung einer Bakterienart aus dem Milchzucker (§ 69).

Nichtflüchtige Säuren:

d) Die **Oxalsäure** ($C_2H_2O_4$ Kleesäure, Kleesalz) kommt im Sauerklee (Oxalis Acetosella) Sauerampfer, den Runkelblättern in großer Menge als saures Kaliumsalz vor, noch weitere Verbreitung hat sie im Pflanzenreiche als das unlösliche oxalsaure Calcium und wird auch in dieser Form im Harne der Pflanzenfresser angetroffen. Die freie Oxalsäure ist ein fester, krystallisierter, leicht löslicher, giftiger Stoff. Anwendung in der Färberei und Kattundruckerei.

e) Die **Weinsäure** ($C_4H_6O_6$) ist in vielen Früchten, namentlich in den Weintrauben vorhanden, und zwar als saures Kalium- und Calciumsalz. Beide scheiden sich aus ihrer Lösung im Weine in demselben Maße ab, als die Alkoholbildung von statten geht, und bilden den Weinstein. Reine Weinsäure ist fest, krystallisiert, sehr sauer, in Wasser leicht löslich. Anwendung zu Brausepulver, in der Färberei.

f) Die **Äpfelsäure** ($C_4H_6O_5$) in sauren Äpfeln, Vogelbeeren, Stachelbeeren vorhanden, stellt eine feste, an der Luft zerfließende, leichtlösliche Masse dar.

g) Die **Citronensäure** ($C_6H_8O_7$) findet sich frei in Citronen und Apfelsinen nebst zahlreichen andren Früchten. Sie bildet große, farblose Krystalle, die sich leicht lösen und sehr sauer schmecken. Anwendung an Stelle der Citronen als Würze für Speisen, zu Brausepulvern, Limonaden, in der Färberei.

h) Die **Milchsäure** ($C_3H_6O_3$) entsteht in zuckerhaltigen Flüssigkeiten und Pflanzensäften durch die Oxydation des Zuckers, die bei Luftzutritt durch die Milchsäurebakterien vermittelt wird (Milchsäuregärung). Man trifft sie in der sauren Milch, der Schlempe, manchen Bieren, in allen eingesäuerten Pflanzenteilen (Salzgurken, Sauer-

kohl, Sauerfutter). Die Milchsäuregärung geht am lebhaftesten bei Temperaturen von 44—52° C. von statten. Daher säuert die Milch bei schwüler, warmer Witterung leicht, durch Abkühlung wird aber die Säuerung gehemmt, ebenso durch Aufkochen, da hierdurch die Bakterien getötet werden. Warum säuert aufgekochte Milch aber schließlich doch? — Die Milchsäure wird ferner auch in dem Muskelsafte in namhafter Menge angetroffen (Fleischmilchsäure) und entsteht hier aus dem lebenden Muskel infolge der oxydierenden Wirkung des eingeatmeten Sauerstoffs. Sie wird weiterhin zu Kohlensäure und Wasser verbrannt.

i) Die **Gerbsäuren** finden sich in beträchtlicher Menge in verschiedenen Pflanzen. Die Galläpfelgerbsäure (Tannin, $C_{14}H_{10}O_9$) ist in den Galläpfeln und der Eichenrinde vorhanden. Sie bildet ein farbloses, schwach sauer wirkendes Pulver von stark zusammenziehendem Geschmack, das sich leicht in heißem, langsamer in kaltem Wasser löst. Mit Eisenoxydsalzen (Versuch mit Eichenchlorid) giebt sie einen tief schwarzen Niederschlag von gerbsaurem Eisenoxyd (Tinte). Tierische Haut verwandelt sie in Leder. Anwendung in der Rotgerberei.

Durch die Vermoderung werden die Gerbstoffe nur langsam verändert; daher finden sie sich in dem Humus und Torfe, der aus gerbstoffreichen Pflanzen, wie den Heidekrautgewächsen hervorgegangen ist, ebenso in den Gewässern, die aus Heidetorfboden herrühren.

k) Anhangsweise mögen noch erwähnt werden die **Karbolsäure** (C_6H_6O) und die **Salicylsäure** ($C_7H_6O_3$), beide wegen ihrer fäulniswidrigen Wirkung wichtig. Die reine Karbolsäure besteht aus farblosen, nadelförmigen, stark riechenden, in Wasser leicht löslichen Krystallen, die auf der Haut blasen ziehen. Sie wird aus Steinkohlenteer hergestellt. Die Salicylsäure gewinnt man aus der Karbolsäure durch Einwirkung von Kohlensäuregas. Sie bildet ein geruch- und geschmackloses, schwer lösliches krystallinisches Pulver.

B. Sauerstoffarme Säuren. Der Sauerstoffgehalt beträgt ca. 11,5% (der Kohlenstoffgehalt 70—77%).

l) Hierher gehören die **Palmitinsäure** ($C_{16}H_{32}O_2$), die **Ölsäure** ($C_{18}H_{34}O_2$) und die **Stearinsäure** ($C_{18}H_{36}O_2$), die an Glycerin gebunden in den Fetten der Pflanze und der Tieres getroffen werden (s. folg. §). Sie sind bei gewöhnlicher Temperatur feste, in Wasser unlösliche, geruch- und geschmacklose, neutrale Stoffe. Die Stearinkerzen sind ein Gemenge von Stearin- und Palmitinsäure.

II. Stickstoffhaltige.

m) Die **Harnsäure** ($C_5H_4N_4O_3$) ist als harnsaures Natrium in geringer Menge im Harne des Menschen und vieler Säugetiere gefunden, vorherrschend hingegen in dem Harne der Vögel und Kriechtiere. Sie ist ein schwer lösliches, krystallinisches Pulver, auch ihre Salze sind sehr schwer löslich. Breiige Beschaffenheit des Vogelharns. Blasensteine. (Murexidprobe).

n) Die **Hippursäure** ($C_9H_9NO_3$) ist in Form von Kalisalzen in beträchtlicher Menge im Harne der Pflanzenfresser enthalten. Sie bildet farblose, in kaltem Wasser schwer lösliche Krystalle von schwach bitterem Geschmacke.

o) Die **Gallensäuren** (Taurocholsäure, $C_{26}H_{45}NSO_7$, und Glykocholsäure, ($C_{26}H_{43}NO_6$) finden sich als Natriumsalze in der Galle.

Die **Galle** ist eine gelbe bis dunkelgrüne, schleimige, bitter schmeckende und eigentümlich riechende Flüssigkeit, die in der Leber abgesondert und durch den (gemeinschaftlichen) Gallengang in den Anfang des Dünndarmes (Gallendarmes) geführt wird. Sie enthält die genannten gallensauren Salze, Kochsalz, phosphorsaures Natrium und Calcium, Gallenfett, Farb- und Schleimstoffe. Man schreibt ihr eine wichtige Rolle bei der Verdauung der Nahrungsfette zu, auch soll sie auf den Darminhalt desinficierend wirken. Prüfung frischer Galle. (Pettenkofersche Gallenreaktion.)

Nenne bemerkenswerte, organische Säuren der Pflanze und des Tieres. — Gieb ihre Bestandteile an. — In welcher Form finden sie sich gewöhnlich? — Welchem Lebensvorgange verdanken sie ihre Entstehung? — Welche Wirkung haben die organischen Säuren der Futtermittel auf die Verdauung? — Wie kann man zu saure Schlempe

unschädlich machen? — Wie erklärt sich die allmähliche Zerstörung der Wände gemauerter Sauergruben? — Wodurch wird die Säuerung der Milch hervorgerufen? — Wodurch wird sie befördert und wodurch gehemmt? — Wie stellt man Essig her? — Welche Säure ist in der ranzigen Butter vorhanden? — Nenne a) sauerstoffreiche, b) kohlenstoffreiche, c) stickstoffhaltige Säuren. — Wo werden die zuletzt genannten getroffen? — Was ist Galle?

§ 66.

Die Fette.

1. Beobachtungen und Versuche.

a) Vorlegen verschiedener Fette.

b) Ein Rübölfleck, auf Papier erzeugt und erwärmt, vergrößert sich; ein gleichzeitig erzeugter Fleck von Pfefferminzöl verschwindet beim Erwärmen (Unterschied der fetten von den flüchtigen Ölen).

c) Ein kleines Stück ausgeschmolzenen Talges werde in einem trockenen Probierglase mit Benzin übergossen; es ist nach einiger Zeit aufgelöst. Gleiche Wirkungen haben Äther, Schwefelkohlenstoff.*) — Fettige Papierstreifen, die man mit diesen Flüssigkeiten übergießt, werden dadurch nach kurzer Zeit fleckenlos.

d) Rapskörner werden in einer Reibschale zerdrückt, dann in einem zugekorkten Probierglase mit Benzin ausgelaugt. Die überstehende klare Flüssigkeit werde in einem Uhrgläschen zum Verdunsten hingestellt; es bleibt eine kleine Menge Rapsöl zurück.

e) Öl werde in einem offenen Tigel erhitzt; es entstehen unangenehm riechende Dämpfe, die sich leicht entzünden und mit leuchtender, rußender Flamme verbrennen.

2. Die Fette bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Sie sind entweder feste Körper (starre Fette) oder bei gewöhnlicher Temperatur flüssig (fette Öle). Sie sind in Wasser unlöslich, leichter als dieses, und erzeugen auf Papier Flecke, die sich beim Erwärmen vergrößern. Man kann sie durch Benzin, Äther oder Schwefelkohlenstoff auflösen. Die starren Fette schmelzen unter 100° C. Bei etwa 300° C zersetzen sie sich, wobei brennbare Gase entstehen. Durch ihre Verbrennung wird eine beträchtliche Wärmemenge erzeugt.

Die durchschnittliche Zusammensetzung der Fette beträgt 76 % Kohlenstoff, 13 % Wasserstoff, 11 % Sauerstoff.

Von den fetten Ölen sind wohl zu unterscheiden die **flüchtigen oder ätherischen Öle** wie Pfefferminzöl, Rosenöl, Kümmelöl, Senföl u. a. m., die weder nach ihrer chemischen Zusammensetzung noch ihren sonstigen Eigenschaften zu den Fetten gerechnet werden können. Sie sind im Pflanzenreiche weit verbreitet. Näher stehen dagegen den Fetten die **Wachsarten** (Bienen- und Pflanzenwachs).

3. Fette gewinnt man sowohl aus dem Tier- wie aus dem Pflanzen-

*) Äther ($C_4H_{10}O$) ist eine stark riechende, sehr flüchtige, leicht entzündliche Flüssigkeit, deren Dämpfe eingeatmet, Bewußtlosigkeit hervorrufen. Schwefelkohlenstoff (CS_2) ist gleichfalls flüssig, farblos, flüchtig, leicht entzündlich und von unangenehm rettichartigem Geruch.

reiche. — Starre Fette des Tierreiches sind: Talg, Schmalz, Butter, Margarine, Knochenmark (Knochenfett); fette Öle: Klauenfett, Thran, Leberthran. — Im Pflanzenreiche giebt es nur sehr wenige starre Fette, die meisten sind Öle wie Palmöl (bei uns nur an heißen Tagen flüssig), Sesamöl, Erdnußöl, Baumwollsaatöl, Rüböl, Mohnöl, Nußöl, Leinöl, Baumöl.

Kleine Mengen Fett sind in allen tierischen und pflanzlichen Zellen vorhanden, größere Aufspeicherungen finden nur in den Fettzellen statt. Als solche dienen bei Tieren die runden Zellen des lockeren Bindegewebes, namentlich der Unterhaut und des Bauchfells, bei den Ölpflanzen die Zellen der Samen. Bei den andren Pflanzen erfolgt keine bedeutende Fettanhäufung. Übrigens besteht zwischen Tier- und Pflanzenfett kein wesentlicher Unterschied, auch die Verschiedenheit der einzelnen Fette in Farbe, Geschmack und Geruch rührt nur von kleinen Mengen fremder Beimengungen her.

Man gewinnt die tierischen Fette durch Ausbraten, Auskochen, Auspressen oder durch Ausziehen mit Benzin ꝛc. Zur Gewinnung der Pflanzenfette werden die fetthaltigen Samen in den **Ölfabriken** zerstampft und der erhaltene Brei entweder erwärmt, in feste Haartücher geschlagen und ausgepreßt, oder mit Benzin ꝛc. ausgezogen. Die entfetteten Rückstände (Ölkuchen beim Pressen, Mehle beim Ausziehen erhalten), die alle übrigen Pflanzenstoffe noch unvermindert enthalten, sind geschätzte Futtermittel. Durch das Ausziehen wird das Fett vollständiger entfernt als durch das Auspressen.

Man verwendet die Fette als Nahrungsmittel, zur Beleuchtung, als Schmiermittel, zur Bereitung der Seifen, Salben, Haaröle, der Firnisse, der Buchdruckerschwärze und der Ölfarben.

Durch langsame Oxydation verwandeln sie sich in harzige, endlich trockene, glänzende Massen. Leicht erfolgt dies bei Lein-, Mohn- und Nußöl, zumal wenn sie in dünner Schicht ausgebreitet sind. Man bezeichnet sie daher als trocknende Öle und benutzt sie zu Firnissen und Ölfarben.

4. Die Fette sind Gemenge verschiedener **Glyceride**. — Unter einem Glycerid versteht man die salzähnliche Verbindung einer organischen Säure (die deshalb auch Fettsäure heißt) mit dem Glycerin. In diesen Verbindungen verhält sich das Glycerin ähnlich wie eine schwache Base.

Namentlich treten folgende drei Glyceride in wechselnder Menge in den Fetten auf: das Palmitin oder palmitinsaure Glycerin (Glycerid der Palmitinsäure, $C_{51}H_{98}O_6$), das Stearin ($C_{57}H_{110}O_6$) oder stearinsaure und das Oleïn ($C_{57}H_{104}O_6$) oder ölsaure Glycerin. In den starren Fetten herrscht das Stearin und Palmitin, in den fetten Ölen das Oleïn vor. — In der Butter kommt zu diesen noch eine Reihe fernerer Glyceride, namentlich das Butyrin (Glycerid der Buttersäure).

5. **Verseifungen** nennt man alle Veränderungen der Fette, bei denen das Glycerin von der Fettsäure getrennt wird. Wir unterscheiden folgende drei Arten der Verseifung:

a) Verseifung durch starke Basen z. B. durch Natriumbase (s. § 43, 3). Dadurch bildet sich fettsaures Natrium oder Natriumseife und freies Glycerin.

Unter **Seife** versteht man überhaupt ein Salz, das aus einer Fettsäure und einer unorganischen Base hervorgegangen ist. — Kaliumseife ist weich; sie heißt auch Schmierseife oder grüne Seife. Die Natriumseife ist dagegen hart. Beide lösen sich im Wasser. — Calciumseife ist in Wasser unlöslich. Wäscht man mit Natriumseife in hartem Wasser (§ 54, 3 b), so entsteht durch Wechselzersetzung die unlösliche Calciumseife in Form von Flocken.

Blei und Zinkbase haben ähnliche Wirkungen auf Fett, wie die genannten alkalischen Basen. Die entstandenen Erzeugnisse werden als Pflaster bezeichnet.

b) Verseifung durch Fäulnis der dem Fette beigemengten

Proteïne. Die dabei thätigen Bakterien (§ 35) wirken nämlich auch auf die Fette in der Weise ein, daß sich diese in freie Fettsäure und freies Glycerin spalten, die sich nicht wieder zu vereinigen vermögen. Man sagt dann, das Fett ist ranzig.

Man verhütet das **Ranzigwerden**, indem man entweder die Proteïne und gleichzeitig das im Fett enthaltene Wasser, ohne das keine Fäulnis möglich ist, entfernt (Auskneten der Butter) oder indem man das Faulen der Proteïne, sei es durch Salzen oder durch luftdichten Verschluß, verhindert. — Butter werde im Probierglase geschmolzen und das Proteïn sich absetzen gelassen. Haltbarkeit geschmolzenen Butterfettes.

c) Verseifung durch überhitzte (d. h. über 100° C. erhitzte) Wasserdämpfe, durch die gleichfalls eine Zerlegung in freie Fettsäure und Glycerin bewirkt wird. Man benutzt dieses Verfahren zur Gewinnung der Stearinsäure und des Glycerins.

6. **Versuch.** Man vermische in einem Probierglase ungefähr 1 ccm Öl mit 20 ccm einer dicken Gummilösung (oder einer halb aus Eiweiß, halb aus Wasser bestehenden Flüssigkeit) und schüttele. Es entsteht eine milchartige Flüssigkeit oder **Emulsion** (Vermilchung), an deren Oberfläche sich allmählich eine rahmartige Fettschicht abscheidet, ohne daß der Rest das milchige Aussehen verliert. In der Emulsion ist das Fett in zahllose, äußerst winzige Tröpfchen verwandelt, die nicht wieder zusammenfließen. Betrachtung unter dem Mikroskope. Die Emulsion läßt sich beliebig mit Wasser mischen. (Vergl. Physik § 84, 4).

Im tierischen Körper bewirkt der Saft der Bauchspeicheldrüse die Emulsion und, unter Mitwirkung der Galle, teilweise die Verseifung der Fette, wodurch diese für die Darmzotten aufnahmsfähig werden. — Die Milch ist eine Emulsion des Butterfettes.

7. In den Futtermitteln wird der Fettgehalt durch Ausziehen mit Äther ermittelt. Die gefundene Menge enthält außer dem Fette aber meist noch andre in Äther lösliche Stoffe (Harz, Wachs, ätherische Öle, Chlorophyll) und wird daher als **Rohfett** bezeichnet.

Das Fett der Futtermittel wird in der Abs. 6 angegebenen Weise aufsaugungsfähig gemacht und in den Fettzellen aufgespeichert. Es kann außerdem aber Fett aus dem Proteïn der Nahrung, nach Abtrennung des Stickstoffs und Schwefels, erzeugt werden und endlich auch aus den Kohlenhydraten.

Zähle die kennen gelernten Fette auf. — Wie verhalten sie sich beim Erwärmen? — Wie gegen Wasser? — Nenne Lösungsmittel der Fette. — Woher und wie gewinnt man die Fette? — Welche Rückstände ergeben sich bei der Gewinnung des Pflanzenfettes? — Welche Bestandteile der Pflanzenzelle gehen unverändert in diese Rückstände über und bedingen deren Futterwert? — Welche Rückstände sind fettreicher? welche fettärmer? — Wozu dienen die Fette? — Aus welchen Elementen bestehen die Fette? — Welche Erzeugnisse ergeben sich bei ihrer vollständigen Verbrennung? — Was für eine Verbindung ist ein Glycerid? — An welche unorganische Verbindungen erinnern die Glyceride? inwiefern? — Nenne die wichtigsten Glyceride? — Welches herrscht im Talg, welches im Öle vor? — Was versteht man unter der Verseifung? — Welche Arten der Verseifung haben wir unterschieden? — Wann nennt man ein Fett ranzig? — Welche Bedeutung hat das Auskneten und Salzen der Butter? — Wie geht die Ver-

dauung der Fette vor sich? — Was versteht man unter einer Emulsion? — Wie bestimmt man den Fettgehalt eines Futtermittels? — Aus welchen Nährstoffen wird das Fett des Tierkörpers gebildet? — Berechne: wieviel Gewichtsteile Sauerstoff brauchen 100 Gewichtsteile Stearin zu ihrer vollständigen Verbrennung?

§ 67.*

Die Amide.

1. Unter Amiden versteht man stickstoffhaltige organische Verbindungen, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehen. Sie entstehen beim Stoffwechsel der Pflanzen und Tiere als Vorstufen der Proteïne oder als Enderzeugnis ihrer Zersetzung. Ein bemerkenswertes Amid aus dem Tierreiche ist der Harnstoff, aus dem Pflanzenreiche das Asparagin.

2. Der **Harnstoff** (CH_4N_2O) findet sich im Harne aller Säugetiere, namentlich dem der Fleischfresser. Er ist ein weißer, krystallinischer, geruchloser, salpeterartig schmeckender, neutraler Stoff, der sich in Wasser leicht löst.

Der **Harn** der Wirbeltiere wird durch die Nieren aus dem (arteriellen) Blute abgesondert. Er enthält außer den organischen Stickstoffverbindungen, wie Harnstoff und Harnsäure bezw. Hippursäure, die sämtlich als Enderzeugnisse der Zersetzung der Proteïne des lebenden Körpers zu betrachten sind, auch die beim Stoffwechsel überflüssig gewordenen Aschenbestandteile, wogegen man im Kote außer den Verdauungssäften nur die unverdauten Teile der Nahrung antrifft. Der Harn der Pflanzenfresser ist eine gelbe, trübe, alkalisch wirkende, auf Zusatz von Salzsäure aufbrausende Flüssigkeit, die 6—13 % Trockensubstanz enthält. Die Harnsäure, die in dem Harne der andren Säugetiere auftritt, ist hier durch Hippursäure ersetzt. Die Trübung rührt namentlich von oxalsaurem und kohlensaurem Calcium her. Unter den Aschenbestandteilen ist das Kalium in überwiegender Menge vorhanden, während Phosphor ganz fehlt oder nur in Spuren angetroffen wird. Der gefaulte Harn der Jauche enthält kohlensaure, schwefelsaure und phosphorsaure Salze des Kaliums und Ammoniums gelöst (§ 35, 4). Übergießen von Jauche mit Salzsäure oder Schwefelsäure (§ 56, 4).

3. Das **Asparagin** ($C_4H_8N_2O_3$), ein weißer, krystallinischer, neutraler, in Wasser löslicher Stoff, ist nebst andren Amiden im Pflanzenreiche sehr weit verbreitet, zumal in wachsenden Sprossen, in Knollen und ausdauernden Wurzelstöcken (Kartoffeln, Rüben, Malz, Malzkeimen, ausgewachsenen Getreidesamen, jungem Grase, jungen Blättern, Spargeln u. s. w.). Man nimmt an, daß es die erste Verbindung ist, die in der Pflanze aus den unorganischen Stickstoffverbindungen hervorgehe und später durch Aufnahme von Schwefel sich in Proteïn verwandelt. Sicher ist, daß sich bei dem Austreiben der Knospen das in den Reservestoffbehältern (Samen, Knollen ꝛc.) aufgespeicherte Proteïn zunächst in das lösliche, diffusionsfähige Asparagin verwandelt, um in dieser Form nach den Orten des lebhaftesten Wachstums zu gelangen, wo das Asparagin wieder in Proteïne verwandelt wird. Daraus erklärt sich, warum junge Pflanzenteile stets reich, ältere und ausgewachsene dagegen arm an Amid sind. — Die in den Futterstoffen enthaltenen Amide haben als Nährstoffe anscheinend keinen Wert; ein hoher Gehalt daran soll sogar jungen Tieren nachteilig werden.

Was versteht man unter Amiden? — Aus welchen Elementen bestehen sie? — Vergleiche ihre Zusammensetzung mit der der Proteïne? — Wo trifft man bei dem Tiere Amide? — Woraus sind sie dort hervorgegangen? — Welche Pflanzenteile sind reich an Amiden? — In welcher Beziehung stehen die Amide der Pflanze zu den Proteïnen? — Was hält man von dem Nährwerte der Amide?

§ 68.*

Die Alkaloide.

1. Die Alkaloide sind organische Basen. Sie enthalten sämtlich Stickstoff. In ihren wesentlichen Eigenschaften stimmen sie — abgesehen von dem sehr bitteren Geschmacke — mit den unorganischen Basen überein; daher vermögen sie auch wie diese mit Säuren echte Salze zu bilden. Sie wirken nebst ihren Salzen auf den menschlichen und tierischen Körper sehr heftig und sind teils kräftige Heilmittel, teils starke Gifte. Wegen ihres Vorkommens in den Pflanzen bezeichnet man sie auch als Pflanzenbasen.

I. Sauerstofffreie Basen.

Sie bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, sind flüssig und flüchtig.

Coniïn, in allen Teilen, besonders den Samen des gefleckten Schierlings (Conium maculatum), von widerlichem, mäuseartigem Geruche, sehr giftig. Übergießt man Schierling mit Kalilauge, so entweicht das Alkaloid in Luftform.

Nicotin, in den Samen und Blättern des Tabaks (Nicotiana Tabacum). Es riecht stark nach diesem und ist sehr giftig. Gewöhnlicher Tabak enthält bis 8 % davon, Habannatabak höchstens 2 %.

II. Sauerstoffhaltige Basen.

Sie bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Meist feste Körper.

Opiumbasen. Wenn man grüne Mohnkapseln oberflächlich ritzt, so fließt ein weißer Milchsaft aus, der an der Luft dick und braun wird, und Opium heißt. Es wird namentlich in Ostindien gewonnen. Im ganzen Morgenlande dient es als ein starkes, den Körper bald zerrüttendes Berauschungsmittel. Bei uns benützt man es in der Heilkunde. Es enthält eine große Reihe von Basen, deren wirksamste, das Morphium, auch für sich benützt wird. Es wirkt in kleinen Mengen schlafbringend und schmerzstillend, in größeren tötlich.

Cocaïn ist in seinen Wirkungen dem Morphium ähnlich. Es wird aus den Blättern des in Peru heimischen Cocastrauches gewonnen.

Chinin ist wegen seiner fiebervertreibenden Wirkung wichtig. Es ist in der Rinde der Chinarindenbäume enthalten, die in den südamerikanischen Cordilleren ihre Heimat haben.

Theïn, Kaffeïn verleihen dem Thee und Kaffee die erregende Wirkung.

Solanin ist eine giftige Base, die sich namentlich in den Beeren des schwarzen Nachtschattens (Solanum nigrum) wie in den Kartoffelkeimen findet. Auch die übrigen Nachtschattengewächse, wie Bilsenkraut, Tollkirsche, Stechapfel und der schon erwähnte Tabak sind durch sehr giftige und eigentümlich wirkende Alkaloide ausgezeichnet.

Strychnin findet sich in den Früchten des ostindischen Brechnußbaumes und einigen andren Pflanzen. Es dient zum Vergiften schädlicher Tiere, namentlich der Raubtiere.

2. Pyridinbasen nennt man eine Anzahl organischer Basen, die im Steinkohlenteere vorkommen und aus ihm dargestellt werden. Sie sind sauerstofffreie Flüssigkeiten von unangenehmem, durchdringendem Geruche und bitterem Geschmacke. Man verwendet sie zum Denaturieren (Ungenießbarmachen) des für die Gewerbe bestimmten Alkohols, um Steuerentziehungen zu verhindern.

3. Den Alkaloiden stehen einige sehr giftige Stoffe nahe, die sich in dem Fleische und den Häuten geschlachteter oder gestorbener Tiere vorfinden, sobald die Fäulnis be-

ginnt. Man bezeichnet sie als **Leichengifte.** Sie sind oft die Ursache sogenannter Blutvergiftungen.

4. An dieser Stelle mögen einige Stoffe Erwähnung finden, die, ohne Alkaloide zu sein, mit ihnen doch in ihrer Wirkung auf Tiere und Menschen häufig übereinstimmen. Sie finden sich in Pflanzen und werden durch Ausziehen erhalten. Da sie gleichzeitig sehr bitter schmecken, heißen sie **bittere Auszugstoffe** (Extraktivstoffe). Dahin gehört als bemerkenswertester das

Lupinenbitter. Es ist in den grünen Teilen, dem Heu und dem Samen der Lupinen enthalten und häufig mit einem besonderen Giftstoffe verbunden, der namentlich bei Schafen eine heftige Leberkrankheit (Lupinose) erregt. Man zerstört es dadurch, daß man das Heu und die Samen der Einwirkung überhitzter Wasserdämpfe aussetzt.

§ 69.

Die Kohlenhydrate.

1. Beobachtungen und Versuche.

a) Vorlegen von verschiedenen Arten Stärkemehl, von Dextrin, Cellulose (Leinwand, Baumwolle, Filtrierpapier), Glykogēn und verschiedenen Zuckerarten. Aussehen, Geruch und Geschmack werden geprüft.

b) Prüfung ihrer Löslichkeit in Wasser. — Herstellung von Stärkekleister.

c) Rohe und gekochte, mit vielem Wasser vermischte Stärke, wässerige Lösungen von Dextrin und Zucker versetze man mit Jodtinktur.

d) Cellulose tränke man mit Jodtinktur und wasche sie darauf mit verdünnter Schwefelsäure. Die eintretende Blaufärbung unterbleibt, sobald man statt reiner Cellulose, verholzte oder verkorkte anwendet (dünne Hobelspäne, aus Holzfaser bereitetes Papier, dünne Scheiben von Flaschenkork), die sich gelb färben.

e) Erhitzung verschiedener Kohlenhydrate auf dem Platinbleche.

f) 50 ccm destilliertes Wasser werden mit einem Tropfen Schwefelsäure angesäuert, mit einer Messerspitze voll Stärkemehl vermischt und in einer Schale dauernd im Sieden erhalten, wobei das verdampfte Wasser von Zeit zu Zeit ergänzt wird. Von 10 zu 10 Minuten nehme man mittels einer Glasröhre, die als Stechheber dient, einige Tropfen der Flüssigkeit in ein Probierglas, verdünne und füge einen Tropfen Jodlösung hinzu. Die Färbung wird anfänglich blau, nach einiger Zeit violett, dann rötlich, endlich tritt durch Jod keine Veränderung mehr ein. Die Stärke ist zuerst in Dextrin und schließlich in Zucker umgewandelt worden.

2. Die **Kohlenhydrate** (§ 22) sind Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, in denen die letzten beiden sich im gleichen Verhältnis wie im Wasser finden. Sie werden fast ausschließlich in den Pflanzen getroffen, deren Trockensubstanz hauptsächlich aus ihnen besteht. Die wichtigsten der hier zu nennenden Kohlenhydrate sind: die Stärke, das Dextrin, die Cellulose und die Zuckerarten; das einzige dem Körper der höheren Tiere eigentümliche ist das Glykogēn.

Die mittlere prozentische Zusammensetzung der Kohlenhydrate ist: 42 % Kohlenstoff, 6 % Wasserstoff und 52 % Sauerstoff.

3. Die **Stärke** ($C_6H_{10}O_5$) besteht aus mikroskopisch kleinen, je nach

der Pflanzenart besonders gestalteten Körnern, die einzeln betrachtet, farblos und durchscheinend sind und eine große Zahl, infolge verschiedener Lichtbrechung abwechselnd heller und dunkler erscheinender Schichten zeigen. Vergl. Landwirtschaftliche Pflanzenkunde § 16, 3c. — In kaltem Wasser unlöslich, quellen die Stärkekörner in heißem Wasser auf und fließen endlich zu Kleister zusammen. — Durch Jod wird rohe Stärke bei Gegenwart von Wasser blau-violett, gekochte dunkelblau gefärbt. — Durch verdünnte Schwefelsäure, die in den keimenden Samen enthaltene Diastase, ferner durch Mund- und Bauchspeichel wird die Stärke in Dextrin und endlich in Zucker verwandelt.

Die in den Blattgrünkörnern der Blätter unter dem Einfluß von Licht und Wärme (§ 26) gebildete Stärke wird in Zucker verwandelt, dadurch löslich und diffusionsfähig. In diesem Zustande wandert sie einerseits nach den Orten des stärksten Wachstums, wo sie zur Bildung von Zellhäuten Verwendung findet, andrerseits in die Reservestoffbehälter der Samen sowohl, wie die der Pflanze selbst (z. B. die Knollen der Kartoffel), wo sich der Zucker meist wieder in Stärke, seltener, wie in den Samen der Ölsaaten, in Fett verwandelt. Zuweilen auch erfolgt die Aufspeicherung des unveränderten Zuckers (Zuckerrübe). — Ein dritter Teil der löslich gewordenen Stärke wird durch den eingeatmeten Sauerstoff zu organischen Säuren oxydiert oder gänzlich zu Kohlensäuregas und Wasser verbrannt. — Soll die in den Reservestoffbehältern aufgespeicherte Stärke bei der Keimung zur Bildung neuer Pflanzenteile verbraucht werden, so muß sie abermals erst in Zucker umgewandelt werden. Zu dem Behufe bildet sich in keimenden Samen zunächst die Diastase, eine stickstoffhaltige organische Verbindung, durch die diese Umwandlung bewerkstelligt wird. (Vergl. Pflanzenkunde § 22, 9—15.)

Auf der Verwertung der Stärke beruhen: die Stärkefabrikation, die Mälzerei, die Bierbrauerei und die Spiritusbrennerei, die wir schon § 64 kennen gelernt haben.

a) **Versuch.** Man zerreibe einige Kartoffeln und spüle den Brei mit Wasser auf einem Siebe aus. In dem untergestellten Gefäße sammelt sich eine trübe, sich bräunende Flüssigkeit an, aus der sich nach kurzem Stehen Stärke absetzt. In der Flüssigkeit läßt sich durch Erhitzen Albumin nachweisen. (Vergl. folg. §.)

b) In den ländlichen **Stärkefabriken** gewinnt man die Kartoffelstärke durch ein ähnliches Verfahren. Die Kartoffeln werden in einer, mit einem Steinfange versehenen, Lattentrommel gewaschen und dann in einer Reibmaschine zerkleinert. Den Brei bringt man in den Auswaschapparat, der aus einem siebartig durchlöcherten kupfernen Troge besteht, worin sich eine mit Bürsten besetzte Welle dreht, während fortgesetzt Wasser eingespritzt wird. Dadurch wird der Brei aufgerührt und die Stärke ausgewaschen. Der Brei heißt nach dem Auswaschen der Stärke die Pülpe, er wird aus dem Apparate entfernt. Die stärkemehlhaltige Flüssigkeit läuft durch die Löcher des Siebes ab. Man filtriert sie durch Seidenstoff, um die mitdurchgelaufenen Fasern abzutrennen, läßt sich die Stärke dann absetzen, zieht das Spülwasser durch Heber ab und reinigt den Absatz, entweder mit einer Centrifuge, oder indem man ihn mit reinem Wasser wiederholt aufrührt und sich wieder absetzen läßt. — Von den Rückständen wird die Pülpe verfüttert, das Spülwasser (Fruchtwasser) dient zum Berieseln.

c) Das **Malz** ist gekeimtes Getreide, das nach der Diastasebildung durch Trocknen getötet ist. Gewöhnlich stellt man Gerstenmalz her. Die gereinigten und eingequollenen

Samen (Abschöpfgerste) werden auf der Malztenne zu flachen Beeten aufgeschüttet, worauf die Keimung beginnt. Sobald die jungen Wurzeln sich ineinander verfilzt haben und die Sproßspitzen aus den Spelzen hervortreten, wird die Keimung verlangsamt und endlich durch Töten der Keime unterbrochen. Grünes Malz nennt man das noch nicht völlig getrocknete, man benutzt es z. B. in den Brennereien, um die Stärke der Kartoffeln in Zucker umzuwandeln (§ 64, 3). Für die Zwecke der Brauerei wird das Malz entweder an der Luft (Luftmalz) oder durch geheizte Trockenvorrichtungen, die Malzdarren, getrocknet (Darrmalz) und von den vertrockneten Wurzeln und Keimen (Malzkeimen, Malzblüten, vergl. § 67) befreit. Die Malzkeime werden verfüttert, verdorbene als Dünger verwendet.

Man stelle mit heißem Wasser einen Auszug aus zerquetschtem Malz her und prüfe seinen Geschmack.

d) In der **Bierbrauerei** wird das Malz grob gequetscht und mit heißem Wasser vermischt. Die Mischung heißt die Maische. Sie wird allmählich bis auf 75 ° C erhitzt. Während des Maischens verwandelt die Diastase die Stärke des Malzes in Dextrin und Zucker, die sich beide in dem Wasser lösen. Das ausgelaugte Malz heißt die Treber (Seihe), die gewonnene süßliche und bräunliche Flüssigkeit die Würze. Man kocht die Würze mit oder ohne Hopfen, je nach der Art des Bieres, ein, bis sie ein bestimmtes specifisches Gewicht erlangt hat, das mit dem Saccharimeter gefunden wird (Physik § 27, 4). Dann seiht man den Hopfen ab und kühlt die Würze in dem Kühlschiffe oder in andren Kühlvorrichtungen ab, wobei sich das Kühlgeläger absetzt. Die abgekühlte Würze wird durch Hefenzusatz in Gärung gebracht. Durch die Gärung wird der Zucker in Alkohol und Kohlensäure verwandelt. Man unterscheidet zwischen Ober- und Untergärung. Die Untergärung findet zwischen 5—12 ° C statt, die Obergärung zwischen 12—20 ° C. Die Untergärung dauert länger als die Obergärung, liefert aber dafür ein länger haltbares Bier. Ein untergäriges ist das bayerische oder Lagerbier, obergärig sind z. B. Weißbier, Braunbier. Jede Gärung verläuft in drei Stufen als Hauptgärung, Nachgärung und stille Gärung. Die Hauptgärung dauert bei untergärigem Biere 10—24 Tage; dazu dienen Gärkübel, die in einem Keller mit gleichmäßiger Temperatur stehen. Die Nachgärung tritt ein, wenn das Bier in die Lagerfässer gefüllt ist, die mit offenen Spundlöchern in dem gut gekühlten Lagerkeller liegen; sie dauert mehrere Wochen bis Monate. Die stille Gärung erfolgt, wenn die Fässer verspundet sind, und geht selbst noch in den Flaschen vor sich, auf die man das Bier gefüllt hat. — Bei der Obergärung dauert die Hauptgärung nur 2—3 Tage; auch die Nachgärung ist nach wenigen Tagen beendet. — Von den Rückständen der Bierbrauerei werden die Treber, frisch oder getrocknet, verfüttert. Die Geläger ungehopfter Biere können ebenfalls verfüttert werden. Die aus den Gärkübeln gewonnene Hefe dient zum Anstellen neuer Gärungen oder zur Herstellung von Preßhefe.

4. Das **Dextrin** ($C_6H_{10}O_5$) verfertigt man im großen aus der Stärke entweder durch Einwirkung verdünnter Säuren, eines Malzaufgusses oder durch Rösten. Von der Stärke unterscheidet es sich durch die Löslichkeit in Wasser und die Rötung mit Jod. Es hat einen eigentümlichen Geruch und süßlichen Geschmack. Es entsteht auch in der Brotrinde beim Backen und ist ein wesentlicher Bestandteil des Bieres. Durch Säuren und die Verdauungssäfte wird es leicht in Zucker umgewandelt. Man verwendet es in der Zeugdruckerei und als Klebemittel.

5. Die **Cellulose** ($C_6H_{10}O_5$) oder der **Zellstoff** ist der Stoff der jungen Zellwände der Pflanzen. Bei der Weiterentwickelung der meisten Zellen werden in ihr andere Stoffe abgelagert (Holz- und Korkzellen), die sich teilweise durch Säuren wieder ausziehen lassen. Die Gesamtheit der unreinen Cellulose einer Pflanze oder eines Futtermittels wird als Rohfaser bezeichnet. Reine Cellulose wird durch Jod bei Gegenwart verdünnter Säuren gebläut. In dem Magen und Darmkanale

der Wiederkäuer wird sie zum Teil gelöst und verdaut, wie man annimmt, unter der Mitwirkung gewisser Bakterien. Vergl. Pflanzenkunde § 16, 2 b.

Den **Rohfasergehalt** eines Futtermittels bestimmt man, indem man es nacheinander mit verdünnter Schwefelsäure und Kalilauge auskocht, dann mit Alkohol und Äther auswäscht und trocknet. Dadurch werden alle Bestandteile in Lösung gebracht, mit Ausnahme der Zellwände und einer geringen Menge Proteïn und Mineralstoffe. Die Mineralstoffe werden besonders bestimmt und in Abzug gebracht, worauf der Rest die Rohfasermenge darstellt. Sie schwankt bei den Pflanzen nach der Art, dem Lebensalter, in dem sie geerntet wurden, und dem Standorte, an dem sie wuchsen. Je trockener dieser ist, und je älter die Pflanzen geerntet wurden, um so höher stellt sich der Gehalt an Rohfaser. Da die verholzten Zellwände durch die Verdauungssäfte nur unvollkommen oder gar nicht gelöst werden, so können auch die von ihnen umschlossenen Nährstoffe (Proteïn, Stärke ꝛc.) nur unvollkommen der Verdauung zugängig werden. Mit dem zunehmenden Rohfasergehalt vermindert sich daher die Verdaulichkeit eines Futtermittels. Wiederkäuer sollen übrigens ein größeres Verdauungsvermögen für Rohfaser besitzen, als Pferde.

6. Das **Glykogēn** ($C_6H_{10}O_5$) ist ein weißer, geruch- und geschmackloser, in kaltem Wasser aufquellender Körper, der namentlich in der Leber, aber auch im Blute und Muskelsafte angetroffen wird. Er wird durch Jod gerötet. Das Glykogēn wird fortgesetzt in der Leber, wahrscheinlich aus den Kohlenhydraten der Nahrung erzeugt, und durch den Blutstrom hinweggeführt, um in den Haargefäßen und Muskeln verbrannt zu werden.

7. Die **Zuckerarten** sind feste in Wasser lösliche, mehr oder minder süß schmeckende Kohlenhydrate. Zum Teil werden ihre verdünnten Lösungen durch Einwirkung der Hefe in Alkohol verwandelt (§ 64). Andre vermag die Hefe nicht ohne weiteres zu zerlegen. Darnach unterscheidet man *gärungsfähige* und *nichtgärungsfähige* Zuckerarten. Zu den gärungsfähigen gehören der *Fruchtzucker*, *Traubenzucker* und *Malzzucker*, zu den nichtgärungsfähigen *Rohrzucker* und *Milchzucker*.

Traubenzucker (Dextrose, Glykose) und **Fruchtzucker** (Lävulose, beide $C_6H_{12}O_6$) sind nach dem Vorkommen in zahlreichen Früchten benannt worden. Sie sind überhaupt die im Pflanzenreiche am meisten verbreiteten Zuckerarten. Den Traubenzucker erhält man auch aus Stärke durch Einwirkung von Schwefelsäure und nennt ihn dann *Stärkezucker* (s. 1, f). Er entsteht ferner im Tierkörper aus dem Stärkemehl der Futtermittel durch die Einwirkung des Mund- und Bauchspeichels, sowie des Darmsaftes und wird daher im Darmkanal angetroffen, aus dem er in den Chylus, das Blut und die Gewebe übergeht.

Der **Malzzucker** (Maltose $C_{12}H_{22}O_{11}$) entsteht aus der Stärke durch Einwirkung der Diastase. Er ist im Malze enthalten.

Der **Milchzucker** (Laktose $C_{12}H_{22}O_{11}$) ist in der Milchflüssigkeit gelöst. Durch Milchsäurebakterien verwandelt er sich in Milchsäure (§ 65). Man gewinnt ihn aus den süßen Molken in großen, dem Kalkspat ähnlichen, an den Kanten durchscheinenden, weißen Krystallen, die schwach süß schmecken. Man benutzt ihn namentlich in der Heilkunde. Inwiefern wirkt der Milchzucker auf die Säuerung der Milch ein?

Der **Rohrzucker** (Saccharose $C_{12}H_{22}O_{11}$) wird im Pflanzenreiche minder häufig als die gärungsfähigen Zucker angetroffen. Man gewinnt ihn aus dem *Zuckerrohre* und der *Zuckerrübe*. Die Krystalle haben die Form schiefer Säulen, sind wasserklar und schmecken rein süß.

Die nicht gärungsfähigen Zuckerarten werden durch verdünnte Säuren sowie durch Erhitzen ihrer Lösungen über 100 ° C in gärungsfähigen Zucker verwandelt.

Wie wirkt starke Schwefelsäure auf Zucker? (§ 19, 3). — Welche Veränderung erfährt er beim Erhitzen? (§ 28).

In den **Rübenzuckerfabriken** werden die Rüben durch Schwemmen und Waschen gereinigt und dann in der Schneidemaschine zerschnitten. Die Schnitzel kommen in die

Diffusöre, Gefäße, in denen sie mit warmem Wasser unter Druck ausgelaugt werden. Der gewonnene Saft wird in dem Scheidekessel mit Kalkmilch gekocht (geläutert), wodurch die Säuren in ihm neutralisiert und die Proteïne zerstört werden. Ein Teil der Kalkbase bleibt aber gelöst und wird dadurch abgeschieden, daß man durch den Saft in dem Saturationsgefäße Kohlensäuregas leitet und die Base in den unlöslichen kohlensauren Kalk verwandelt. Nun filtriert man den Saft so oft durch hohe, mit Knochenkohlen gefüllte Cylinder, bis er nahezu farb- und geruchlos geworden ist (§ 28, 5). Er heißt jetzt das Klärsel und wird mit den Vakumpfannen im luftleeren Raume unter 100° C eingedampft (Physik § 49, 1). Wenn man das eingedickte Klärsel abläßt, so scheiden sich beim Erkalten die Zuckerkrystalle aus. Sie werden von der übrigen Flüssigkeit, die die Melasse heißt, durch Centrifugen getrennt. Das so gewonnene Erzeugnis heißt der Rohzucker. Durch abermaliges Auflösen, Filtrieren und Eindampfen reinigt (raffiniert) man ihn, so daß er weiß, rein süß und geruchslos wird.

Die Zuckerrüben müssen im Herbste nach der Ernte rasch verarbeitet werden, da sie bereits nach Neujahr wegen der Atmung merklich ärmer an Zucker geworden sind. Man erzeugt daher zuerst nur Rohzucker, und dann erst raffiniert man ihn.

Die Rückstände der Rübenzuckerfabriken sind 1) die Köpfe und Schwänze der Rüben (man schneidet sie ab, weil sie zu arm an Zucker sind und bei der Versteuerung zu sehr in das Gewicht fallen würden), 2) die ausgelaugten Schnitzel, 3) der Scheide- und Saturationsschlamm, 4) die Melasse. Die Köpfe und Schwänze der Rüben werden verfüttert, ebenso die frischen oder getrockneten Schnitzel. Der Scheide- und der Saturationsschlamm sind reich an Kalk, Phosphorsäure und Stickstoff und dienen als Dünger. Die Melasse wird entweder auf Spiritus verarbeitet, oder man entzieht ihr den Rest des Zuckers, dampft sie dann ein und verbrennt sie, um Pottasche herzustellen, da in ihr fast das ganze Kalium der Zuckerrüben enthalten ist.

8. Den Kohlenhydraten reihen sich noch einige andre Stoffe an, wie der Pflanzenschleim (Tragant, Quitten-, Leinsamenschleim), die Pektinstoffe d. h. in heißem Wasser quellbare Stoffe, die sich in fleischigen Pflanzengeweben (Äpfeln, Rüben ꝛc.) vorfinden, und endlich die Gummiarten (Kirschgummi, arabisches Gummi).

Sie bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; Pflanzenschleim und Gummi werden durch verdünnte Schwefelsäure in Zucker übergeführt.

Diese Stoffe sind durch Umwandlung der Cellulose entstanden, entweder als regelrechte Bildungen im Verlaufe des Wachstums der Pflanze oder bei Gelegenheit von Verletzungen oder Erkrankungen (Gummifluß der Steinobstbäume). — Eine ähnliche Entstehungsweise besitzen die Harze, die deshalb hier Erwähnung finden mögen, obwohl sie nicht zu den Kohlenhydraten gehören. Als Beispiel sei das Fichtenharz genannt, das in den Harzgängen der Fichte und andrer Nadelhölzer eingeschlossen ist, bei deren Verletzung ausfließt und an der Luft erhärtet. Man gewinnt aus ihm das Pech und das Terpentinöl (§ 18). Vergl. Pflanzenkunde § 16, 6.

9. Die **stickstofffreien Extraktstoffe** (Auszugsstoffe) der Futtermittel bestehen im wesentlichen aus Kohlenhydraten mit Ausnahme der Cellulose, aus Pflanzenschleim, Pektin, Gummi, nebst den organischen Säuren. Ihre Menge ermittelt man, indem man durch andauerndes Erhitzen auf 100° C das Trockengewicht des zu untersuchenden Stoffes feststellt und davon die durch besondere Untersuchungen gefundenen Mengen Rohfett, Rohproteïn, Rohfaser und Asche in Abzug bringt.

Soweit die stickstofffreien Extraktstoffe nicht in Wasser löslich sind, werden sie bei der Verdauung durch die Wirkung des Mund-, Bauchspeichels und des Darmsaftes größtenteils in Zucker umgewandelt nnd dadurch aufsaugbar.

Nenne die kennen gelernten Kohlenhydrate. — Woher verschafft sich die Pflanze die Stärke nebst den übrigen Kohlenhydraten? — Welche landwirtschaftlichen Nebengewerbe haben die Verwertung des Stärkegehaltes der Pflanzen zum Ziele? — In welcher Weise werden die übrigen Bestandteile der Pflanzenzellen, die durch die Nebengewerbe nur unwesentlich verändert sind, weiter nutzbar gemacht? — Beschreibe das Verfahren bei der Gewinnung des Rohrzuckers aus den Rüben. — Wie unterscheiden sich die ausgelaugten Schnitzel von der frischen Rübe in ihrem Gehalte an Nährstoffen? — Welche

Veränderung erfährt die Stärke bei der Verdauung? — Was sind stickstofffreie Extraktstoffe? — Berechne: 1) wieviel Gewichtsteile Sauerstoff erfordern 100 Gewichtsteile Traubenzucker zu ihrer vollständigen Verbrennung? 2) wieviel mehr Sauerstoff braucht das Stearin für diesen Zweck als die gleiche Gewichtsmenge Traubenzucker?

§ 70.

Die Proteïne.

A. Eigenschaften.

1. Beobachtungen und Versuche.

a) Vorlegen von Hühnereiweiß, frischem Käsestoff, ausgewaschenem Muskelfleisch.

b) Kleine Mengen von jedem werden mit destilliertem Wasser geschüttelt; nur das Hühnereiweiß löst sich auf.

c) Die Albuminlösung erhitze man; das Albumin gerinnt; d. h. scheidet sich ab, ohne sich wieder in kaltem Wasser zu lösen.

d) Verbrennung von Proteïn auf einem Platinbleche (§ 28, 1).

e) Wird Proteïn mit einem Gemisch von gelöschtem Kalk und Natriumbase in einem Tiegel erhitzt, so entweicht Ammoniak, nachweisbar durch einen Stab mit Salzsäure.

f) Kalilauge löst alles, auch das geronnene Proteïn auf.

g) Jodtinktur färbt es nach kurzer Zeit braun.

h) Gekochtes Hühnereiweiß oder ein andres Proteïn, das einige Zeit in eine Kupfervitriollösung gelegt ist, bleibt auch nach dem Abwaschen mit destilliertem Wasser blau gefärbt. Wird es darnach mit starker Kalilauge übergossen, so färbt es sich prachtvoll violett.

i) Salpetersaures Quecksilber färbt die Proteïne rot, ebenso Zuckerlösung und Schwefelsäure zusammen.

2. Wiederhole § 21 und 22. — Die Proteïne, auch als Eiweißkörper (Albuminate) im weiteren Sinne bezeichnet, sind im frischen Zustande schleimige oder gallertartige, gewöhnlich farblose Stoffe. Sie enthalten durchschnittlich 16 % Stickstoff, der bei der raschen Verbrennung als freies Gas entweicht, bei der Verwesung und Verkohlung hingegen zum größeren Teile in Ammoniak verwandelt wird (§ 30). Bei Hinzutritt gewisser Bakterien faulen sie, indem sich namentlich Ammoniak, Schwefelwasserstoff und andre übelriechende Gase entwickeln (§ 35).

Die mittlere Zusammensetzung der Proteïne ist: 35 % Kohlenstoff, 7 % Wasserstoff, 23 % Sauerstoff, 15—18 % Stickstoff, 1 % Schwefel. — Gefärbt erscheint das Proteïn in den roten Blutkörperchen, den Blattgrünkörnern, den Muskeln.

Die in § 21, 3 erwähnten wichtigsten Abteilungen der Proteïne sind durch bestimmte Eigenschaften voneinander unterschieden.

3. Die **Albumine** oder (eigentlichen) Eiweißstoffe haben im Hühnereiweiß, in dem Blute, dem Chylus, der Lymphe, dem Muskelsafte, dem Zellsafte der Pflanze weitgehende Verbreitung. Sie sind in kaltem Wasser löslich, bei Temperaturen zwischen ungefähr 40—70 ° C gerinnen sie, d. h. werden unlöslich und scheiden sich als weiße Flocken aus ihren Lösungen ab.

Versuche. Gehacktes, rohes, mageres Fleisch werde mit etwa der dreifachen Menge Wasser ausgezogen und die filtrierte (von Blut gerötete) Flüssigkeit erhitzt. Sie wird alsbald von geronnenem Eiweiß milchig, trübe und schaumige Flocken steigen an die Oberfläche (Abschäumen der Fleischbrühe beim Kochen). — Saftige Pflanzenteile (Kartoffeln, Zuckerrüben, Mohrrüben oder Äpfel) werden zerrieben, der abgepreßte und filtrierte Saft zum Sieden erhitzt. Die eintretende Flockenbildung zeigt das vorher gelöste Albumin an.

4. Die **Fibrine** oder Faserstoffe sind gallertartige, in Wasser unlösliche Stoffe, die nach dem Verlassen des lebenden Körpers von selbst gerinnen. — Das Muskelfibrin bildet den Hauptbestandteil der Muskelfaser. Es wird beim Tode des Tieres starr (Totenstarre). Beim Erhitzen wird es undurchsichtig und brüchig (Garkochen des Fleisches). Gesättigte Kochsalzlösung vermag es teilweise aufzulösen. Veränderung des Fleisches durch Einpökeln. — Blutfibrin nennt man die geronnene Masse, die sich im Blute bildet, nachdem es den lebenden Körper verlassen hat (Blutkuchen). Das Schlagen des Blutes beschleunigt die Fibrinbildung. — Die Kleberproteïnstoffe, die sich in den Getreidesamen vorfinden, sind hauptsächlich Gemenge verschiedener Fibrine (Gliadin, Mucedin, Glutēnfibrin).

Versuch. Ungefähr 15 g Weizenmehl werden fest in ein, zwei Hände großes, Stück Leinwand gebunden und in öfters erneutem Wasser eine halbe Stunde lang geknetet. Die zusammenballende Masse wird nach dem Öffnen des Säckchens von der Leinwand gelöst, indem man sie von der andren Seite her benetzt, und darauf unter einem kräftigen Wasserstrahle weiter ausknetet, bis das Wasser klar abfließt. Man hat eine gummiartige, etwas schwammige Masse erhalten, die der Kleber des Weizenmehles ist.

Behandelt man den Kleber mit verdünntem, heißen Alkohol, so lösen sich die genannten Fibrine. Der ungelöste Rückstand besteht aus Pflanzenkaseïn (Glutēnkaseïn) von dem im Kleber etwa 10 % enthalten sind.

5. Die **Kaseïne** oder Käsestoffe sind lösliche, beim Erhitzen der Lösung nur teilweise gerinnende Proteïnstoffe (Haut der kochenden Milch). Ihr wichtigster Vertreter ist das Milchkaseïn. Es ist in reinem Wasser unlöslich. In der Milch wird es durch die Gegenwart von phosphorsaurem Alkali in gelöstem oder, wie man annimmt, gequollenem Zustande erhalten. Durch Einwirkung von Säuren (Versuch mit Salzsäure) wie von Lab kann es zur Abscheidung gebracht werden. Pflanzenkaseïn ist in Menge in den Hülsenfrüchten als Legumin vorhanden, in den Getreidesamen als Glutēnkaseïn.

Versuch. Grob zerstampfte Bohnen oder Erbsen lasse man einige Zeit mit verdünnter Kalilauge in Berührung und gieße diese alsdann ab. Kocht man die Flüssigkeit, so gerinnt an ihrer Oberfläche ein Teil des Legumins, neutralisiert man sie, so scheidet es sich gänzlich ab.

Die **Milch** ist eine durch Absonderung aus der Milchdrüse entstandene Flüssigkeit von weißer oder gelblicher Farbe, süßem Geschmack, eigentümlichem Geruch und amphotērer, d. h. gleichzeitig saurer und basischer Wirkung. Bei ca. 400maliger Vergrößerung erkennt man, daß sie aus einer klaren, wässerigen Flüssigkeit, dem Serum, besteht, worin zahllose, farblose Fetttröpfchen schwimmen, die bei der angegebenen Vergrößerung meist die Größe eines Stecknadelkopfes zeigen (§ 66, 6). Der mittlere Fettgehalt der Kuhmilch beträgt 3,5 %. Das Serum besteht aus Wasser (im Mittel 87,25 %), in dem Käsestoff (3,5 %), Eiweiß (0,4 %), Milchzucker (4,6 %) und die mineralischen Bestandteile (0,75 %) gelöst sind, unter denen man Ver-

bindungen des Kaliums, Natriums und besonders des Calciums mit Phosphorsäure antrifft. Beim ruhigen Stehen der Milch steigt die Mehrzahl der Fetttröpfchen an die Oberfläche und bildet den Rahm (Sahne). Bemerkenswert ist die große Zahl von Milchsäurebakterien, die man schon wenige Minuten nach dem Melken in der Milch wahrnehmen kann. Auf welchen Bestandteil der Milch wirken sie verändernd ein? — Wodurch wird ihre Vermehrung und Wirkung befördert? wodurch gehemmt? (§ 65, 4 h).

6. Aus den Proteïnen gehen im Tierkörper eine Reihe von Stoffen hervor (Albuminoïde), die sich durch geringeren Gehalt an Kohlenstoff auszeichnen. Die bemerkenswertesten sind: der Schleimstoff, die leimgebenden Stoffe, die Hornstoffe und die (ungeformten) Fermente.

a) Der **Schleimstoff** ist im kalten Wasser nicht löslich, aber sehr quellbar und bildet dann eine fadenziehende Masse. Vorkommen im Speichel, dem Magensafte, der Galle. Er enthält keinen Schwefel.

b) Die **leimgebenden Stoffe** liefern bei längerem Kochen mit Wasser Leim. Vorkommen in Knorpeln, Knochen, Lederhaut, Bindegewebe, Sehnen. Sie enthalten weniger Schwefel als die Proteïne. — Hängt man einen von Fett befreiten Knochen in starke Salzsäure, so wird er nach einiger Zeit weich. Die Salzsäure löst nämlich den dreibasisch phosphorsauren Kalk des Knochens und läßt nur dessen organische Grundsubstanz zurück. Entkalkung der Knochen in den Leimfabriken. Wie läßt sich der phosphorsaure Kalk aus der Salzsäure wiedergewinnen? (§ 55, Zus.)

c) Die **Hornstoffe** liefern keinen Leim, erweichen in der Wärme, werden durch Kalilauge verflüssigt (§ 42, 3). Vorkommen in Hörnern, Nägeln, Klauen, Oberhaut, Haaren, Federn. Sie enthalten mehr Schwefel als die Proteïne.

d) Zu den (ungeformten) **Fermenten** gehören die Diastase der Keimpflanzen und das im Magensafte enthaltene Pepsin. Man versteht unter Fermenten überhaupt solche organische Körper, durch deren Einfluß andre eine chemische Umwandlung erfahren, ohne daß sie selbst verändert werden. Welche Umwandlung bewirkt Diastase? — Auch Mund- und Bauchspeichel enthalten Fermente.

Aus welchen Elementen bestehen die Proteïne? — Gieb ihre gemeinschaftlichen Eigenschaften auf Grund der in Abs. 1 kennen gelernten Versuche an. — Welche Abteilungen der Proteïne haben wir kennen gelernt? — Welches sind die Merkmale a) der Albumine, b) der Fibrine, c) der Kaseïne? — Wo werden Albumine angetroffen? — Wie kann man feststellen, daß im Spülwasser der Stärkefabriken Albumin enthalten ist? — Nenne die kennen gelernten Fibrine und gieb an, wo sie gefunden werden. — Nenne die kennen gelernten Kaseïne und die Orte ihres Vorkommens. — Gieb die Eigenschaften der Milch an. — Desgleichen ihre Zusammensetzung. — Wie erscheint sie bei starker Vergrößerung? — Wie erklärt sich die Haut der kochenden Milch? — Wodurch wird Milch zum Gerinnen gebracht? — Wie erklärt sich die freiwillige Säuerung der Milch? — Nenne die kennen gelernten Abkömmlinge der Proteïne. — Hornmehl führt als Dünger dem Boden welchen Pflanzennährstoff zu? — Welche liefert das Knochenmehl? — Welcher Unterschied wird zwischen gebrannten und ungebrannten Knochen in der Zusammensetzung bestehen? — Was versteht man unter einem Fermente? — Nenne Fermente und beschreibe ihre Wirkung? — Inwiefern kann man die Bakterien ebenfalls als (geformte) Fermente bezeichnen?

B. Verhalten im lebenden Körper.

7. Wie im Körper der Pflanze die Kohlenhydrate, so herrschen im Tierkörper die Proteïne und ihre Abkömmlinge. In beiden Naturreichen aber sind die Proteïne dadurch wichtig, daß sich aus ihnen das Protoplasma der Zellen aufbaut (organisiertes Proteïn, Organeiweiß). Sie finden sich außerdem in den verschiedenen Körperschaften aufgelöst (zirkulierendes Proteïn, Zirkulationseiweiß).

In der Trockensubstanz des besten Kleeheus z. B. sind (nach Wolff) 18,3 % organische N-Verbindungen, 3,8 % Fett und 69,5 % Rohfaser und N-freie Extraktstoffe zusammen, gefunden, in der Trockensubstanz eines normalen menschlichen Körpers dagegen (nach Moleschott) 62 % N-haltige organische Verbindungen, 7,4 % Fett und 1,9 % Extraktstoffe.

8. Wie alle organischen Stoffe nehmen die Proteïne ihren Ursprung in der Pflanze, die sie aus unorganischen Stoffen erzeugt. Die zu ihrer Bildung erforderlichen Bestandteile werden teils durch die salpetersauren und schwefelsauren Salze geliefert, die die Wurzel dem Boden entnimmt, teils durch die in den Blättern entstandenen Kohlenhydrate. Die Bildungsorte sind die Zellen der Blätter. Jedenfalls entstehen zuerst Amide, die durch Diffusion einerseits an die Orte gelangen, wo Zellen neugebildet werden (Wachstumspunkte 2c.), andrerseits in die Reservestoffbehälter, um aufgespeichert zu werden. An beiden Zielpunkten angelangt, erfolgt die Umwandlung in Proteïn, indem Schwefel (und etwas Kohlenhydrat) sich mit dem Amide verbinden. — Soll das in den Reservestoffbehältern angesammelte Proteïn bei der Keimung zur Bildung neuer Pflanzenteile verwendet werden, so wandelt es sich zunächst wieder in diffusionsfähiges Amid um, das an den Verbrauchsstätten in Proteïn übergeht. Vergl. Pflanzenkunde § 22, 9—15.

9. Das Tier ist darauf angewiesen, das nötige Proteïn fertig gebildet aus dem Futter zu entnehmen. Der Verdauungsvorgang beschränkt sich darauf, es in diffusionsfähige Stoffe umzuwandeln, deren Lösung die Wandungen des Darmkanals zu durchdringen vermag. Diese Umwandlung bewirkt der Magensaft und der Saft der Bauchspeicheldrüse. Proteïne, die durch beide schwierig oder gar nicht gelöst werden, heißen schwerverdaulich oder unverdaulich. Vergl. Pflanzenkunde § 16, 3a.

Das in der Blutbahn aufgenommene (zirkulierende) Proteïn dient keineswegs nur zur Neubildung des organisierten Proteïns, sondern unter Umständen auch zur Fettbildung (§ 66, 7). Es erfolgt dies in der Weise, daß sich das Proteïn in Fett und Harnstoff zerlegt.

Der **Magensaft** ist eine von den Drüsen der Magenwand abgesonderte klare, saure Flüssigkeit (Untersuchung eines frischen Schweinemagens). Er enthält Pepsin, freie Salzsäure und andre Chlorverbindungen nebst Schleimstoff. Durch das Pepsin werden die Proteïne in die diffusionsfähigen Peptone verwandelt.

Der **Saft der Bauchspeicheldrüse** ist eine klare, alkalisch wirkende Flüssigkeit. Er hat folgende Wirkungen: 1) er löst solches Proteïn, das unverändert durch den Magen gegangen ist, 2) er verwandelt Stärke in Traubenzucker (§ 69), 3) er verseift die Fette und verwandelt sie in Emulsionen (§ 66).

10. Den Proteïngehalt der Futtermittel findet man in der Weise, daß man zunächst ihren Gehalt an Stickstoff ermittelt (z. B. durch vollständige Verbrennung) und das gefundene Gewicht mit 6,25 multipliciert (warum?). Die erhaltene Zahl giebt das **Rohproteïn** an. Die Rechnung setzt nämlich voraus, daß aller Stickstoff nur aus Proteïn herrühre; indes sind in den Futtermitteln noch mehr oder minder zahlreich andre organische und unorganische Stickstoffverbindungen vorhanden (Amide, Alkaloide, salpetersaure Salze), die man als Nichtproteïn zusammenfaßt und in Abzug zu bringen hat, um das Reinproteïn zu finden.

Die **Verdaulichkeit der Futterstoffe** prüft man durch den Fütterungsversuch, indem man Proteïn, Fett, Extraktstoffe und Rohfaser sowohl in dem täglich gereichten Futter wie in dem Kote feststellt. Der Unterschied beider Bestimmungen ergiebt die

Menge des verdaulichen Anteils der Nahrung. Statt dessen wird neuerdings häufig der künstliche Verdauungsversuch benützt.

11. Im Körper des lebenden Tieres finden zur fortgesetzten Erzeugung von Wärme und Kraft ununterbrochen Verbrennungen statt (§ 13 und § 25), durch die ein Teil des Zellenprotoplasmas zerstört wird. Der Kohlenstoff dieses Teiles wird zu Kohlensäuregas, der Wasserstoff zu Wasser verbrannt, beide werden durch die Lunge und die Haut entfernt. Der Stickstoff wird nicht vollständig, sondern nur zu Harnstoff (nebst Harnsäure bezw. Hippursäure) verbrannt und durch den Harn ausgeschieden. Ebenda finden sich die Oxydationserzeugnisse der meisten andren Elemente (§ 67, 2).

Der Stoffverlust eines kräftigen Mannes beträgt bei mäßiger Arbeit innerhalb 24 Stunden 18,3 g Stickstoff und 328 g Kohlenstoff.

Der Stoffverlust wird aber nicht allein durch die Atmung bewirkt, sondern auch durch das Abstoßen der Hautschuppen, bei den Tieren durch den Haarwechsel, durch die Abnutzung und das Nachwachsen andrer Horngebilde (Nägel, Hufe &c.), durch die Absonderung der Drüsensäfte, namentlich durch den Teil der Verdauungssäfte, der mit dem Kote entfernt wird, bei den weiblichen Tieren durch die Milchabscheidung. Endlich findet auch ein beträchtlicher Stoffverlust statt durch die Abgabe von Wasser in den flüssigen Ausscheidungen und durch seine Verdunstung an der Körperoberfläche.

Es ist die Aufgabe der Ernährung, alle diese Stoffverluste durch Zufuhr von außen wieder zu ergänzen. Hier sei nur folgendes bemerkt: der beträchtliche Verlust an Kohlenstoff wird durch die Kohlenhydrate und das Fett der Nahrung (§ 66, 7) ergänzt, bei mangelhafter Zufuhr an diesen muß der Fettvorrat des Körpers dazu herhalten. Der Stickstoffverlust wird durch die Proteïne der Nahrung ausgeglichen.

Was bedeutet Proteïn auf deutsch? was will man mit der Bezeichnung andeuten? — Was versteht man unter organisiertem? was unter zirkulierendem Proteïn? — Nur in welchen lebenden Wesen können organische aus unorganischen Verbindungen entstehen? — An welchen Orten in der Pflanze wird das Proteïn erzeugt? aus welchen Stoffen? — In welcher Form werden die N-haltigen organischen Verbindungen in der Pflanze nach den Verbrauchsstätten befördert? — Woher verschafft sich das Tier das nötige Proteïn? — Welche Umwandlung erfährt das Proteïn des Futters durch die Verdauung? — Wie ermittelt man den Proteïngehalt des Futters? — Wie stellt man seine Verdaulichkeit fest? — Wodurch werden Stoffverluste im Körper veranlaßt? — Welche Enderzeugnisse der Oxydation ergeben sich im Tierkörper? — Welchem Naturreiche gehören diese an? — Was für Stoffe erzeugt daher schließlich das Tier, was für welche die Pflanze? — Vergleiche die Aufgabe des Pflanzen- und Tierreiches im Haushalte der Natur. — Wodurch werden die Verluste des Tierkörpers an Kohlenstoff und an Stickstoff ersetzt?

Atomgewichte

der wichtigsten Elemente.

Aluminium (**Al**uminium) . .	III. Al	= 27,4.
Blei (**P**lum**b**um)	II. Pb	= 207.
Calcium (**Ca**lcium) . . .	II. Ca	= 40.
Chlor (**Cl**lorum)	I. Cl	= 35,5.
Eisen (**Fe**rrum)	II, III. Fe	= 56.
Gold (**Au**rum)	III. Au	= 197.
Jod (**J**odum)	I. J	= 127.
Kalium (**K**alium) . . .	I. K	= 39.
Kiesel (**Si**licium)	IV. Si	= 28.
Kohlenstoff (**C**arbonicum) .	IV. C	= 12.
Kupfer (**Cu**prum)	(I), II. Cu	= 63,4.
Magnesium (**Mg**nesium) .	II. Mg	= 24.
Natrium (**Na**trium) . . .	I. Na	= 23.
Nickel (**Ni**ccolum)	II, III. Ni	= 58.
Phosphor (**P**hosphorus) . .	(III), V. P	= 31.
Platin (**Pt**atina)	IV. Pt	= 198.
Quecksilber (**H**ydrar**g**yrum) .	I, II. Hg	= 200.
Sauerstoff (**O**xygenium) . .	II. O	= 16.
Schwefel (**S**ulfur)	II. S	= 32.
Silber (**Ag**entum) . . .	I. Ag	= 108.
Stickstoff (**N**itrogenium) . .	III, (V). N	= 14.
Wasserstoff (**H**ydrogenium) .	I. H	= 1.
Zink (**Zn**cum)	II. Zn	= 65.
Zinn (**S**ta**n**nnum)	II, IV. Sn	= 118.

Die beigefügten römischen Ziffern bezeichnen die Wertigkeiten; die eingeklammerten stellen solche dar, die weniger zu berücksichtigen sind.

Register.

Die Zahlen bezeichnen die Seiten. Die im Druck hervorgehobenen bedeuten, daß auf der Seite der Gegenstand ausführlicher behandelt ist.

Weber, C.

Leitfaden für den Unterricht in der landwirtschaftlichen Chemie an mittleren und niederen landwirtschaftlichen Lehranstalten Mit 21 in den Text gedruckten Holzschnitten

Stuttgart 1894